جمهوری اسلامی ایران
سازمان برنامه و بودجه

ضریبها و جدولهای

تبدیل واحدها و مقیاسها

نشریه شماره ۹۸

چاپ سوم همراه با اصل اثر به زبان انگلیسی

معاونت فنی
دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

@omoorepeyman.ir

جدول ۲. طول

	متر m	اینچ * in	فوت ft	یارد yd	chain	furlong	mile	fathom	مایل دریایی انگلیسی mile	مایل دریایی بین‌المللی n mile
1 metre = یک متر m	1	39.3701	3.280 84	1.093 61	0.049 709 7	$4.970\,97 \times 10^{-3}$	$6.213\,71 \times 10^{-4}$	0.546 807	$5.396\,12 \times 10^{-4}$	$5.399\,57 \times 10^{-4}$
1 inch = یک اینچ in	0.0254	1	0.083 333 3	0.027 777 8	$1.262\,63 \times 10^{-3}$	$1.262\,63 \times 10^{-4}$	$1.578\,28 \times 10^{-5}$	$1.388\,89 \times 10^{-2}$	$1.370\,61 \times 10^{-5}$	$1.371\,49 \times 10^{-5}$
1 foot = یک فوت ft	0.3048	12	1	0.333 333	0.015 151 5	$1.515\,15 \times 10^{-3}$	$1.893\,94 \times 10^{-4}$	0.166 667	$1.644\,74 \times 10^{-4}$	$1.645\,79 \times 10^{-4}$
1 yard = یک یارد yd	0.9144	36	3	1	0.045 454 5	$4.545\,45 \times 10^{-3}$	$5.681\,82 \times 10^{-4}$	0.5	$4.934\,21 \times 10^{-4}$	$4.937\,37 \times 10^{-4}$
1 chain =	20.1168	792	66	22	1	0.1	0.0125	11	$1.085\,53 \times 10^{-2}$	$1.086\,22 \times 10^{-2}$
1 furlong =	201.168	7920	660	220	10	1	0.125	110	0.108 553	0.108 622
1 mile =	1609.344	63 360	5280	1760	80	8	1	880	0.868 421	0.868 976
1 fathom =	1.8288	72	6	2	$9.090\,91 \times 10^{-2}$	$9.090\,91 \times 10^{-3}$	$1.136\,36 \times 10^{-3}$	1	$9.866\,42 \times 10^{-4}$	$9.874\,73 \times 10^{-4}$
1 UK nautical mile = یک‌مایل‌دریایی‌انگلیسی	1853.18	72 960	6080	2026.67	92.1212	9.212 12	1.151 52	1013.33	1	1.000 64
1 international nautical mile = یک مایل دریایی بین‌المللی n mile	1852	72 913.4	6076.12	2025.37	92.0624	9.206 24	1.150 78	1012.69	0.999 361	1

* برای مشروح تبدیلات جدول از اینچ به میلیمتر و برعکس، به BS 2856 مراجعه شود. در آن جدول تبدیلات اینچ با تقریب 10^{-7} اینچ داده شده است.

omoorepeyman.ir

(۱) یک واحد نجومی (AU) $= 1.496 \times 10^{11}$ m

(۲) یک پارسک (pc) $= 3.0857 \times 10^{16}$ m

(۳) یک سال نوری (l.y.) $= 9.4605 \times 10^{15}$ m

۲ ــ ۴. واحد طول در انگلستان و آمریکا یارد می‌باشد که قانونا" طبق اندازه زیر در سال ۱۹۵۹ در امریکا و در سال ۱۹۶۳ در انگلستان بیان شده است.

یک یارد = 0.9144 ■

۲ ــ ۵. ارتباط بین اضعاف و اجزای یارد در جدول زیر تحت عنوان واحدهای انگلیسی وآمریکایی طول تعریف شده است:

		(1 in = 0.0254 m)	
1 foot (ft)	= 12 inches (in)	(1 ft = 0.3048 m)	(۴)
1 yard (yd)	= 3 feet (ft)	(1 yd = 0.9144 m)	
1 chain	= 22 yards (yd)	(1 chain = 20.1168 m)	(۵)
1 furlong	= 10 chains	(1 furlong = 201.168 m)	
1 mile	= 8 furlongs	(1 mile = 1609.344 m)	(۶)

۲ ــ ۶. بعضی از واحدهای طول غیر معمول یا خاص در انگلستان و آمریکا به قرار زیر است:

1 micro-inch (μin)	$= 10^{-6}$ in	$= 0.0254$ μm	$= 25.4 \times 10^{-9}$ m	(۷)
1 thou	$= 10^{-3}$ in	$= 25.4$ μm	$= 25.4 \times 10^{-6}$ m	
1 mil	$= 10^{-3}$ in	$= 25.4$ μm	$= 25.4 \times 10^{-6}$ m	(۸)
1 point	$= \frac{1}{72}$ in (تقریبا")		= 0.351 mm (تقریبا")	(۹)
1 iron	$= \frac{1}{48}$ in		= 0.529 167 mm	(۱۰)
1 line	$= \frac{1}{40}$ in		= 0.635 mm	(۱۱)
1 line or ligne	$= \frac{1}{12}$ in		= 2.116 67 mm	(۱۲)

---

(۱) یک واحد نجومی تقریبا" برابر با فاصله متوسط بین زمین و خورشید است.

(۲) یک پارسک برابر است با مسافتی که در آن یک واحد نجومی (AU)، زاویه یک ثانیه را می‌پیماید.

(۳) یک سال نوری عبارت است از فاصله تقریبی که نور در یک سال طی می‌کند.

(۴) فوت نقشه برداری آمریکایی در بند ۲ ــ ۶ برابر با 0.304801m بیان شده است.

(۵) به طور کلی chain در آمریکا Gunter,s chain نامیده می‌شود.

(۶) برای کلمه مایل علامت اختصاری شناخته شده‌ای وجود ندارد و تمام لغت mile به عنوان علامت اختصاری واحد به کار برده می‌شود.

(۷) یک اصطلاح محلی است که برای یک هزارم اینچ به کار برده می‌شود.

(۸) اصطلاحی است که برای یک هزارم اینچ به کار می‌رود. برای معانی دیگر mil به بندهای ۳ ــ ۵ و ۴ ــ ۴ و توضیح (۲) بند ۷ رجوع شود.

(۹) این اصطلاحی است که در صنعت چاپ برای ۸۳ پیکاس (picas) بیان می‌شود و به شرح زیر توصیف گردیده است:

(83 Picas= 83 × 12 points = 35 cm)

(۱۰) اصطلاحی است که در صنعت چکمه و کفش سازی مورد استفاده دارد.

(۱۱) اصطلاحی است که در صنعت دگمه‌سازی مورد استفاده است.

(۱۲) اصطلاحی است که در صنعت ساعت مورد استفاده دارد.

omoorepeyman.ir

1 em	$= \frac{1}{6}$ in		= 4.233 33 mm	(۱۳)
1 hand	= 4 in		= 10.16 cm	(۱۴)
1 link	$= \frac{1}{100}$ chain	= 0.66 ft	= 0.201 168 m	
1 US survey foot فوت نقشه برداری	$= \frac{1}{0.999\,998}$ ft	$= \frac{20}{39.37}$ m	= 0.304 801 m	
1 fathom	= 6 ft		= 1.8288 m	
1 rod, pole, perch	$= 5\frac{1}{2}$ yd		= 5.0292 m	(۱۵)
1 engineer's chain	= 100 ft		= 30.48 m	
1 cable-length	—		—	(۱۶)
1 UK nautical mile	= 6080 ft		= 1853.18 m	(۱۷)
1 telegraph nautical mile	= 6087 ft		= 1855.32 m	

۳. سطح (= مربع طول)

۳ – ۱. واحد اساسی سطح در سیستم SI ، مترمربع (علامت m^2) است که یکواحد مشتق می‌باشد .

۳ – ۲. به طور کلی سطوح ، با مربع نمودن اضعاف و اجزای متر بیان می‌شود . برای مثال ، میلیمتر مربع (mm^2) ، سانتیمتر مربع (cm^2) ، دسیمترمربع (dm^2) ، کیلومترمربع (km^2) .

بستگی بین پاره‌ای از پیشوندهای متر و مترمربع در زیر نشان داده شده است .

$$1\ mm^2 = \left(\frac{m}{1000}\right)^2 = 10^{-6}\ m^2$$

$$1\ cm^2 = \left(\frac{m}{100}\right)^2 = 10^{-4}\ m^2$$

$$1\ dm^2 = \left(\frac{m}{10}\right)^2 = 10^{-2}\ m^2$$

$$1\ km^2 = \left(1000\ m\right)^2 = 10^{6}\ m^2$$

۳ – ۳. آر (علامت a) یکی از واحدهای متریک سطح می‌باشد .

$$1\ a = 100\ m^2$$

---

(۱۳) اصطلاحی است که در صنعت چاپ مورد استفاده دارد .

(۱۴) اصطلاحی است که برای ارتفاع اسب مورد استفاده است .

(۱۵) کلمات perch,pole,rod در حال حاضر منسوخ گردیده است و مورد استعمال ندارد .

(۱۶) این اصطلاح دریایی در انگلستان دقیقا" تعریف نشده است . در بیشتر مواقع برابر یکدهم یک مایل دریایی است ، ولی برای مقادیر دیگری از جمله 120fathons (720ft) هم به‌کار برده می‌شود .

(۱۷) چون به کار بردن مایل دریایی بین المللی در انگلستان رایج شده است ، این واحد منسوخ شده است .

برای پاره‌ای از ضریبهای تبدیل طول که زیاد به کار می‌رود ، به جدول ۲ مراجعه شود .

omoorepeyman.ir

جدول ۳ ـ ۱۰ سطح

	متر مربع m^2	هکتار ha	اینچ مربع in^2	فوت مربع ft^2	یارد مربع yd^2	rood	acre	مایل مربع $mile^2$
1 square metre = یک مترمربع m^2	1	1×10^{-4}	1550.00	10.763 9	1.19[illegible]9	$9.884\ 22 \times 10^{-4}$	$2.47[illegible]5 \times 10^{-4}$	$3.861\ 02 \times 10^{-7}$
1 hectare = یک هکتار ha	10 000	1	1550.00×10^{4}	107 639	11 959.9	9.884 22	2.471 05	$3.861\ 02 \times 10^{-3}$
1 square inch = یک اینچ مربع in^2	6.4516×10^{-4}	6.4516×10^{-8}	1	$6.944\ 44 \times 10^{-3}$	$7.716\ 05 \times 10^{-4}$	$6.376\ 90 \times 10^{-7}$	$1.594\ 23 \times 10^{-7}$	$2.490\ 98 \times 10^{-10}$
1 square foot = یک فوت مربع ft^2	0.092 903 0	$9.290\ 30 \times 10^{-6}$	144	1	0.111 111	$9.182\ 74 \times 10^{-5}$	$2.295\ 68 \times 10^{-5}$	$3.587\ 01 \times 10^{-8}$
1 square yard = یک یارد مربع yd^2	0.836 127	$8.361\ 27 \times 10^{-5}$	1296	9	1	$8.264\ 46 \times 10^{-4}$	$2.066\ 12 \times 10^{-4}$	$3.228\ 31 \times 10^{-7}$
1 rood =	1011.71	0.101 171	1 568 160	10 890	1210	1	0.25	$3.906\ 25 \times 10^{-4}$
1 acre =	4046.86	0.404 686	6 272 640	43 560	4840	4	1	1.5625×10^{-3}
1 square mile = یک مایل مربع $mile^2$	$2.589\ 99 \times 10^{6}$	258.999	$4.014\ 49 \times 10^{9}$	$2.787\ 84 \times 10^{7}$	$3.097[illegible] \times 10^{6}$	2560	640	1

omoorepeyman.ir

جدول ۳ ــ ۲ . سطح مقطع سیم

		circular mil	میلیمتر مربع mm²	اینچ مربع in²
	1 circular mil* =	1	$5.067\,07 \times 10^{-4}$	$7.853\,98 \times 10^{-7}$
یک میلیمتر مربع	1 square millimetre = mm²	1973.53	1	$1.550\,00 \times 10^{-3}$
یک اینچ مربع	1 square inch = in²	$1.273\,24 \times 10^{6}$	645.16	1

* برای تعریف circular mil به توضیح ۲ بند ۳ ــ ۵ مراجعه شود .

این واحد و یا یکی از اضعاف آن هکتار (علامت ha) معمولا" برای اندازه‌گیری سطح زمین به کار می‌رود .

1 ha = 100 a = 10 000 m²

واحد دیگری که برای اندازه‌گیری سطح مقطع در فیزیک اتمی به کار می‌رود ، بارن (barn) می‌باشد .

یک بارن = 10^{-28} m²

۳ ــ ۴ . رابطه بین پاره‌ای از واحدهای سطح در انگلستان و آمریکا و ارتباط آنها با مترمربع به قرار زیر است :

1 square foot (ft²)	= 144 square inches (in²)	(1 in² = 6.4516 × 10^{-4} m²)
1 square yard (yd²)	= 9 square feet	(1 ft² = 0.092 903 0 m²)
1 rood*	= 1210 square yards	(1 yd² = 0.836 127 m²)
1 acre = 4 roods	= 4840 square yards	(1 rood = 1011.71 m²)
		(1 acre = 4046.86 m²)
1 square mile (mile²)	= 640 acres	(1 mile² = 2.589 99 × 10^{6} m²)

۳ ــ ۵ . واحد مخصوصی که در انگلستان و آمریکا برای سطح مقاطع سیمها به کار می‌رود ، circular mil است که :

1 circular mil** = 7.853 98 × 10^{-7} in² = 5.067 07 × 10^{-10} m²

۴ . حجم و گنجایش (= مکعب طول)

۴ ــ ۱ . واحد اساسی حجم در سیستم SI مترمکعب (علامت m^3) است که یک واحد مشتق شده می‌باشد .

---

* واحد rood در انگلستان منسوخ شده و در آمریکا هم به ندرت به کار می‌رود .

** یک circular mil مساوی سطح دایره‌ای است که قطر آن یک هزارم اینچ باشد .

برای معانی دیگر mil به بندهای ۲ ــ ۶ و ۴ ــ ۲ و توضیح شماره ۲ بند ۷ مراجعه شود .

پاره‌ای از ضریبهای تبدیل سطح در جدول ۳ ــ ۱ و ۳ ــ ۲ نشان داده شده است .

omoorepeyman.ir

جدول ۴ ــ ۱. حجم و گنجایش

	مترمکعب m^3	دسیمتر مکعب = لیتر* dm^3 = ℓ	یک لیتر* (۱۹۰۱)	اینچ مکعب in^3	فوت مکعب ft^3	یارد مکعب yd^3	UK bushel	US dry pint	US bushel
1 cubic metre = یک متر مکعب m^3	1	1000	999.972	61 023.7	35.3147	1.307 95	27.496 1	1816.17	28.3776
1 cubic decimetre = یک دسیمترمکعب dm^3 / 1 litre = یک‌لیتر* l*	0.001	1	0.999 972	61.023 7	0.035 314 7	$1.307\,95 \times 10^{-3}$	0.027 496 1	1.816 17	0.028 377 6
1 litre (1901)* = یک لیتر* (۱۹۰۱)	$1.000\,028 \times 10^{-3}$	1.000 028	1	61.025 5	0.035 315 7	$1.307\,99 \times 10^{-3}$	0.027 496 9	1.816 22	0.028 378 4
1 cubic inch = یک اینچ مکعب in^3	$1.638\,71 \times 10^{-5}$	$1.638\,71 \times 10^{-2}$	0.016 386 6	1	$5.787\,04 \times 10^{-4}$	$2.143\,35 \times 10^{-5}$	$4.505\,81 \times 10^{-4}$	0.029 761 6	$4.650\,25 \times 10^{-4}$
1 cubic foot = یک فوت مکعب ft^3	0.028 316 8	28.3168	28.3161	1728	1	0.037 037 0	0.778 604	51.4281	0.803 564
1 cubic yard = یک یارد مکعب yd^3	0.764 555	764.555	764.533	46 656	27	1	21.0223	1388.56	21.6962
1 UK bushel =	0.036 368 7	36.3687	36.3677	2219.36	1.284 35	0.047 568 5	1	66.0517	1.032 06
1 US dry pint =	$5.506\,10 \times 10^{-4}$	0.550 610	0.550 595	33.600 3	0.019 444 6	$7.201\,71 \times 10^{-4}$	0.015 139 7	1	0.015 625
1 US bushel =	0.035 239 1	35.2391	35.2381	2150.42	1.244 46	0.046 091 0	0.968 939	64	1

* برای شرح لیتر و لیتر (۱۹۰۱) به بند ۴ ــ ۳ مراجعه شود.

omoorepeyman.ir

۴ – ۲ . واحدهای دیگر حجم که با اضعاف و اجزای متر بیان‌شده و از طریق به کار بستن پیشوندهای سیستم SI درست می‌شود ، عبارت است از :

دسیمتر مکعب dm^3 ، سانتیمتر مکعب cm^3 و میلیمتر مکعب mm^3 . رابطه بین هر کدام از این واحدها و مترمکعب به قرار زیر است :

$$1\ dm^3 = \left(\frac{m}{10}\right)^3 = 10^{-3}\ m^3$$
$$1\ cm^3 = \left(\frac{m}{100}\right)^3 = 10^{-6}\ m^3$$
$$1\ mm^3 = \left(\frac{m}{1000}\right)^3 = 10^{-9}\ m^3$$

۴ – ۳ . در سیستم SI ، فرقی بین واحدهای حجم و واحدهای گنجایش وجود ندارد . با این حال ، یک واحد متریک برای اندازه‌گیری مایعات و سیالات به کار برده می‌شود که به اسم لیتر (علامت l*) نامیده شده و مقدار آن برابر است با :

یک لیتر $= 1\ dm^3 = 10^{-3}\ m^3$

این تعریف از سال ۱۹۶۴ در سیستم SI به کار گرفته شده است . به بند ۴ – ۳ – ۱ نیز مراجعه شود .

پیشوندهای SI برای لیتر هم به کار می‌رود ، مانند : هکتو لیتر (hl) سانتی لیتر (cl) میلی‌لیتر ml و میکرولیتر (µl)

$$1\ hl = 100\ litre = 10^{-1}\ m^3$$
$$1\ cl = \left(\frac{1}{100}\right) litre = 10^{-5}\ m^3$$
$$1\ ml = \left(\frac{1}{1000}\right) litre = 10^{-6}\ m^3 = 1\ cm^3$$
$$1\ \mu l = \left(\frac{1}{10^6}\right) litre = 10^{-9}\ m^3 = 1\ mm^3$$

۴ – ۳ – ۱ . در قدیم واحدهای گنجایش برای اندازه‌گیری مایعات و در بعضی موارد برای جامدات به عنوان یک واحد اصلی تلقی می‌شد و مستقل از طول تعریف می‌گردید .

*** علامت بین المللی شناخته شده برای لیتر حرف l می‌باشد و در مواردی که امکان اشتباه آن با عدد ۱ باشد بهتر است به جای علامت از حرف لیتر به طور کامل استفاده شود ، ولی علامت اضعاف و اجزای لیتر (مانند hl و cl و ml و µl) به ندرت باعث سوء تعبیر می‌شوند .**

omoorepeyman.ir

جدول ۴ ــ ۲. حجم و گنجایش

	متر مکعب m^3	دسیمترمکعب dm^3 لیتر* l	لیتر* (۱۹۰۱)	اینچ مکعب in^3	فوت مکعب ft^3	UK pint ** UKpt	UK gallon *** UKgal	US liquid pint US liq pt	US gallon USgal
1 cubic metre = یک مترمکعب m^3	1	1000	999.972	61 023.7	35.3147	1759.75	219.969	2113.38	264.172
1 cubic decimetre یک dm^3 = 1 litre* دسیمتر مکعب یک لیتر * l	0.001	1	0.999 972	61.023 7	0.035 314 7	1.759 75	0.219 969	2.113 38	0.264 172
1 litre (1901)* یک لیتر* (۱۹۰۱) =	1.000 028 × 10^{-3}	1.000 028	1	61.025 5	0.035 315 7	1.759 80	0.219 975	2.113 44	0.264 179
1 cubic inch یک‌اینچ مکعب = in^3	1.638 71 × 10^{-5}	0.016 387 1	0.016 386 6	1	5.787 04 × 10^{-4}	0.028 837 2	3.604 65 × 10^{-3}	0.034 632 0	4.329 00 × 10^{-3}
1 cubic foot یک فوت مکعب = ft^3	0.028 316 8	28.3168	28.3161	1728	1	49.8307	6.228 83	59.8442	7.480 52
1 UK pint** = UKpt	0.568 261 × 10^{-3}	0.568 261	0.568 246	34.6774	0.020 068 0	1	0.125	1.200 95	0.150 119
1 UK gallon *** = UKgal	4.546 09 × 10^{-3}	4.546 09	4.545 96	277.420	0.160 544	8	1	9.607 60	1.200 95
1 US liquid pint = US liq pt	4.731 76 × 10^{-4}	0.473 176	0.473 163	28.875	0.016 710 1	0.832 674	0.104 084	1	0.125
1 US gallon = USgal	3.785 41 × 10^{-3}	3.785 41	3.785 31	231	0.133 681	6.661 39	0.832 674	8	1

* برای شرح لیتر و لیتر (۱۹۰۱) به بند ۴ ــ ۳ مراجعه شود.

** imperial pint هم نامیده می‌شود.

*** imperial gallon هم نامیده می‌شود.

omoorepeyman.ir

جدول ۴ ــ ۳. حجم و گنجایش

	سانتیمترمکعب / میلی‌لیتر ml cm³	میلی‌لیتر* (۱۹۰۱)	اینچ مکعب in³	UK minim UKmin	UK fluid drachm UK fl dr	UK fluid ounce UK fl oz	US fluid ounce US fl oz
1 cubic centimetre = یک سانتیمتر مکعب cm³ 1 millilitre = یک‌میلی لیتر ml	1	0.999 972	0.061 023 7	16.8936	0.281 561	0.035 195 1	0.033 814 0
یک میلی‌لیتر* (۱۹۰۱) =	1.000 028	1	0.061 025 5	16.8941	0.281 568	0.035 196 1	0.033 815 0
1 cubic inch = یک اینچ مکعب in³	16.3871	16.3866	1	276.837	4.613 95	0.576 744	0.554 113
1 UK minim = UKmin	0.059 193 9	0.059 192 2	$3.612\,23 \times 10^{-3}$	1	0.016 666 7	$2.083\,33 \times 10^{-3}$	$2.001\,58 \times 10^{-3}$
1 UK fluid drachm = UK fl dr	3.551 63	3.551 53	0.216 734	60	1	0.125	0.120 095
1 UK fluid ounce = UK fl oz	28.4131	28.4123	1.733 87	480	8	1	0.960 760
1 US fluid ounce = US fl oz	29.5735	29.5727	1.804 69	499.604	8.326 74	1.040 84	1

* برای شرح لیتر و لیتر (۱۹۰۱) به بند ۴ ــ ۳ مراجعه شود.

توضیح ــ $1mm^3 = 10^{-3} cm^3 = 1\mu l$ (به بند ۴ ــ ۲ نیز مراجعه شود)

omoorepeyman.ir

از سال ۱۹۰۱ تا ۱۹۶۴ لیتر در سیستم متریک تحت عنوان حجمی که توسط جرم یک کیلوگرم آب تحت شرایط مخصوص (در درجه حرارتی که حداکثر غلظت را دارد و در تحت فشار یک اتمسفر استاندارد) اشغال می‌شود تعریف شده ولی از سال ۱۹۶۴ لیتر در سیستم متریک به عنوان یک اسم مخصوص برای حجم یک دسیمتر مکعب (همان طور که قبل از سال ۱۹۰۱ بود) دوباره تعریف شده است. تعریف سال ۱۹۶۴ تا به حال در انگلستان رعایت نشده است و هر گاه دقت زیادی لازم باشد باید تأکید شود از کدام تعریف لیتر استفاده شده است.

در جدولهای این استاندارد لیتری که بر طبق تعریف سال ۱۹۰۱ تعریف شده به‌عنوان لیتر (۱۹۰۱) خوانده می‌شود. لیتر در سیستم SI به صورت لیتر نمایش داده می‌شود و رابطه آن با لیتر ۱۹۰۱ به شرح زیر می‌باشد:

لیتر 1.000028 = یک لیتر (۱۹۰۱)

۴ – ۴. در صنایع چوب فرانسه حجم یک متر مکعب چوب تحت عنوان stere (علامت st) نامیده می‌شود، نیز در آلمان یک متر مکعب چوب به عنوان Fest meter (Fm) و یا Raummeter (Rm) نامیده می‌شده که فعلا" هر دو اسم منسوخ گردیده است.
واحد حجم دیگری که دارای ریشه متریک بوده و در صنایع داروسازی انگلستان برای اندازه‌گیریهای با دقت زیاد به کار می‌رود mil می‌باشد که مشخص کننده میلی لیتر است. برای معانی دیگر mil به بندهای ۲ – ۶ و ۳ – ۵ و قسمت ۷ توضیح ۲ مراجعه شود.

۴ – ۵. ارتباط بین واحدهای حجم در سیستمهای انگلیسی و آمریکایی و رابطه آنها با مترمکعب به قرار زیر است:

yd^3 یک یارد مکعب = 27 فوت مکعب = 0.764 555 m^3

ft^3 یک فوت مکعب = 1728 اینچ مکعب = 0.028 316 8 m^3

in^3 یک اینچ مکعب = $1.638\ 71 \times 10^{-5}\ m^3$

۴ – ۶. همان طوری که در سیستم متریک از واحد لیتر هم به عنوان واحد حجم استفاده می‌شود، در انگلستان و آمریکا نیز واحدهای دیگر برای حجم معمول است. این واحدها شامل گالن انگلیسی و گالن بوشل آمریکایی و اضعاف و اجزای آنها می‌باشند. واحدهای انگلستان و آمریکا برای حجم کاملا" با یکدیگر متفاوت بوده و باید دقت شود که در عمل اشتباهی در مورد کاربرد این واحدها رخ ندهد*.

۴ – ۶ – ۱. واحدهای انگلیسی گنجایش – این واحدها براساس گالن انگلیسی (UK gal) به عنوان فضایی که توسط ۱۰ پاوند وزن آب مقطر که در شرایط مخصوص اشغال شده، تعریف می‌شود:

---

* برای مقایسه مستقیم واحدهای انگلیسی و آمریکایی گنجایش به جدول ۴ – ۴ مراجعه شود.

omoorepeyman.ir

جمهوری اسلامی ایران
سازمان برنامه وبودجه

ضریبها و جدولهای

تبدیل واحدها و مقیاسها

نشریه شماره ۹۸

چاپ سوم همراه با اصل اثر به زبان انگلیسی

معاونت فنی
دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

omoorepeyman.ir

۱۳۷۲

انتشارات سازمان برنامه و بودجه ۷۲/۰۰/۴

جدول ۴ ــ ۴ . رابطه بین واحدهای انگلیسی و واحدهای آمریکایی گنجایش

1 UK minim	= 0.960 760 US minim
1 UK fluid drachm	= 0.960 760 US fluid* dram
1 UK fluid ounce	= 0.960 760 US fluid** ounce
1 UK gill	= 1.200 95 US gill
1 UK pint	= 1.200 95 US liquid pint
1 UK quart	= 1.200 95 US liquid quart
1 UK gallon	= 1.200 95 US gallon
1 UK pint	= 1.032 06 US dry pint
1 UK quart	= 1.032 06 US dry quart
1 UK peck	= 1.032 06 US peck
1 UK bushel	= 1.032 06 US bushel
1 US minim	= 1.040 84 UK minim
1 US fluid* dram	= 1.040 84 UK fluid drachm
1 US fluid** ounce	= 1.040 84 UK fluid ounce
1 US gill	= 0.832 674 UK gill
1 US liquid pint	= 0.832 674 UK pint
1 US liquid quart	= 0.832 674 UK quart
1 US gallon	= 0.832 674 UK gallon
1 US dry pint	= 0.968 939 UK pint
1 US dry quart	= 0.968 939 UK quart
1 US peck	= 0.968 939 UK peck
1 US bushel	= 0.968 939 UK bushel

* در آمریکا گاهی dram مایع نیز نامیده می‌شود .
** در آمریکا گاهی ounce مایع نیز نامیده می‌شود .

ضریبهای اصلی تبدیل در این مورد به شرح زیر است :

1 UKgal = 4.546 09 dm^3 *
= 4.546 09 litre *
= 4.545 96 litre (1901)

ارتباط بین گالن انگلیسی و اضعاف و اجزای مختلف آن در زیر نشان داده شده است :

علامت (در صورتی که داشته باشد)	واحد		مقدار معادل متریک
UKmin	1 minim **		= 0.059 193 9 cm^3
UK fl dr	1 fluid drachm**	= 60 minim	= 3.551 63 cm^3
UK fl oz	1 fluid ounce	= 8 fluid drachms	= 28.4131 cm^3
—	1 gill	= 5 fluid ounces	= 0.142 065 dm^3
UKpt	1 pint	= 4 gills (= 20 fluid ounces)	= 0.568 261 dm^3
UKqt	1 quart	= 2 pints	= 1.136 52 dm^3
UKgal	1 gallon	= 4 quarts (= 160 fluid ounces)	= 4.546 09 dm^3
—	1 peck**	= 2 gallons	= 9.092 18 dm^3
—	1 bushel**	= 4 pecks	= 36.3687 dm^3

۴ ــ ۶ ــ ۲ . واحدهای آمریکایی گنجایش ــ واحدهای آمریکایی گنجایش براساس اینچ مکعب بیان می‌شود . گالن امریکایی مساوی حجم ۲۳۱ اینچ مکعب بوده و فقط برای اندازه‌گیری حجم

---

* عدد دقیق‌تر 4.546091879

** bushel, peck, drachm, fluid, minim از جدول ۱ وزنها و مقیاسهای انگلستان حذف‌شده است و در حال حاضر کاربرد آن برای امور تجارتی ، غیرقانونی است .

omoorepeyman.ir

به کار می‌رود. بوشل آمریکایی مساوی حجم ۲۱۵۰/۴۲ اینچ مکعب است و فقط برای اندازه‌گیری مواد خشک (غیرمایع) به کار می‌رود.

رابطه بین گالن آمریکایی واضعاف و اجزای مختلف آن در زیر نشان داده شده است.

۴ – ۶ – ۳. واحدهای آمریکایی گنجایش برای اندازه‌گیری مایعات:

علامت (در صورتی که داشته‌باشد)	واحد		مقدار معادل متریک
—	1 US minim		= 0.061 611 5 cm³
fl dr	1 US fluid dram *	= 60 minims	= 3.696 69 cm³
US fl oz	1 US fluid ounce**	= 8 fluid drams	= 29.573 5 cm³
gi	1 US gill	= 4 fluid ounces	= 0.118 294 dm³
liq pt	1 US liquid pint	= 4 gills (= 16 fluid ounces)	= 0.473 176 dm³
liq qt	1 US liquid quart	= 2 liquid pints	= 0.946 353 dm³
USgal	1 US gallon	= 4 liquid pints (= 128 fluid ounces)	= 3.785 41 dm³
bbl	1 US barrel (برای نفت)	= 42 gallons	= 158.987 dm³

۴ – ۶ – ۴. واحدهای آمریکایی گنجایش برای اندازه‌گیری مواد خشک و رابطه آن با بوشل آمریکایی و اضعاف و اجزای مختلف آن در زیر نشان داده شده است.

علامت (در صورتی که داشته‌باشد)	واحد		مقدار معادل متریک
—	1 US dry pint		= 0.550 610 dm³
dry qt	1 US dry quart	= 2 dry pints	= 1.101 22 dm³
pk	1 US peck	= 8 dry quarts	= 8.809 76 dm³
bu	1 US bushel	= 4 pecks	= 35.2391 dm³
bbl (dry)	1 US dry barrel	= 7056 cubic inches	= 115.627 dm³

توضیحات بند ۴ – ۶:

۱. در انگلستان بشکه بنابر موارد احتیاج، کاربردهای مخصوص دارد؛ مثلا" یک بشکه شراب معمولا" $31\frac{1}{2}$ گالن انگلیسی و یک بشکه آبجو معمولا" ۳۶ گالن انگلیسی می‌باشد.

۲. واحد بشکه bbl که در قسمت واحدهای آمریکایی گنجایش، برای اندازه‌گیری مواد خشک (غیرمایع) به آن اشاره شده، واحدی است که جهت اندازه‌گیری سبزیها و مواد خشک و میوه‌ها – بجز تمشک – به کار می‌رود. تمشک در آمریکا بر طبق استاندارد بشکه تمشک که محتوی ۵۸۲۶ اینچ مکعب است، فروخته می‌شود.

۳. غیر از ظرفیتی که برای بوشل در بند ۴ – ۶ در نظر گرفته شده بوشلهای دیگری با ظرفیتهای متفاوت وجود دارد.

۴. سایر واحدهای ظرفیت که در صنعت چوب انگلستان به کار می‌رود، به شرح زیر است:

1 board foot = 144 in³ (= 2.359 74 dm³)
1 cord = 128 ft³ (= 3.624 56 m³)
1 standard = 165 ft³ (= 4.672 28 m³)

---

* در امریکا گاهی dram مایع (liq dr) نیز نامیده می‌شود.

** در امریکا گاهی به نام اونس مایع (liq oz) نیز نامیده می‌شود.

omoorepeyman.ir

۵ . cran در انگلستان در صنعت ماهیگیری به کار می‌رود و مساوی $\frac{1}{2}$ ۳۷ گالن انگلیسی می‌باشد .
ضریبهای تبدیل بسیاری از واحدهای حجم و گنجایش، در جدول ۴ – ۱ ، ۴ – ۲ ، ۴ – ۳ ، ۴ – ۴ داده شده است .

۵ . مدول مقاطع ، ممان اول سطح

۵ – ۱ . این کمیتها دارای همان دیمانسیون حجم هستند و واحد اساسی آنها در دستگاه SI مترمکعب (m^3) می‌باشد .

۵ – ۲ . این کمیتها همچنین ممکن است به صورت مکعب هر کدام از اجزای متر بیان شوند مانند سانتیمتر مکعب (cm^3) و میلیمتر مکعب (mm^3) .

۵ – ۳ . در واحدهای انگلیسی ، معمولا" فوت مکعب (ft^3) و اینچ مکعب (in^3) به کار می‌رود .
رابطه بین واحدهای بالا در جدول ۴ – ۱ داده شده است .

۶ . ممان دوم سطح یا ممان هندسی اینرسی

واحدSI مربوط به این کمیت ، مرتبه چهارم متر (m^4) و واحدهای متداول دیگر مرتبه چهارم سانتیمتر (cm^4) و مرتبه چهارم میلیمتر (mm^4) می‌باشد . در واحدهای انگلیسی مرتبه چهارم فوت (ft^4) و مرتبه چهارم اینچ (in^4) به کار می‌رود .

برای ضریبهای تبدیل این واحدها به جدول ۶ مراجعه شود .

جدول ۶ . ممان دوم سطح

	m^4	cm^4	ft^4	in^4
1 m^4 =	1	1×10^8	115.862	2 402 510
1 cm^4 =	1×10^{-8}	1	$1.158\,62 \times 10^{-6}$	0.024 025 1
1 ft^4 =	$0.863\,097 \times 10^{-2}$	863 097	1	20 736
1 in^4 =	41.6231×10^{-8}	41.6231	$4.822\,53 \times 10^{-5}$	1

توضیح : $1mm^4=10^{-4}cm^4=10^{-12}\ m^4$

۷ . زاویه سطح

۷ – ۱ . واحد اساسی زاویه سطح در سیستم SI رادیان (علامت rad) می‌باشد که یک واحد ضمیمه‌ای است[1] و آن زاویه‌ای است بین دو شعاع یک دایره که از محیط دایره قوسی برابر طول شعاع جدا کرده باشد .

---

۱ . هنوز به درستی روشن نیست که آیا واحدهای ضمیمه‌ای SI واحدهای اصلی بوده یا مشتق شده هستند . گاهی بهتر است که زاویه سطح یک کمیت فیزیکی مستقل از دیمانسیون در نظر گرفته شود که در این صورت واحد اصلی است . گاهی مناسبتر است که به عنوان خارج قسمت دو طول به‌حساب آید که در این صورت یک واحد مشتق شده می‌باشد .

omoorepeyman.ir

بدین ترتیب، زاویه مرکزی یک دایره کامل برابر 2π رادیان است و زاویه قائمه (L) مساوی:

$$\frac{2\pi}{4}\,\text{rad} = \frac{\pi}{2}\,\text{rad}.$$

۷ – ۲. واحدهای زاویه‌ای که دارای اهمیت است و اکنون به ضمیمه واحدهای SI مورد کاربرد دارد، واحد سنتی درجه (°)، دقیقه (′) و ثانیه (″) می‌باشد. یک دایره کامل زاویه‌ای برابر با (۳۶۰°) را در بر گرفته است و بدین ترتیب، یک زاویه قائمه برابر است با:

$$\text{زاویه قائمه} = ۹۰ \text{ درجه} \quad (۹۰^\circ)$$

$$۱ \text{ درجه} = ۶۰ \text{ دقیقه} = \frac{\pi}{۱۸۰}\ \text{rad}$$

$$۱ \text{ دقیقه} = ۶۰ \text{ ثانیه} = \frac{\pi}{۶۰ \times ۱۸۰}\,\text{rad}$$

$$۱ \text{ ثانیه} = \frac{\pi}{۳۶۰۰ \times ۱۸۰}\,\text{rad}$$

گاهی بهتر است برای بیان اجزای درجه، به جای دقیقه و ثانیه از اعشار استفاده‌نمود.

۷ – ۳. واحد دیگری که برای زاویه سطح به کار می‌رود و در بعضی ممالک اروپایی نیز متداول است، گراد می‌باشد (g) که در آلمان gon نامیده می‌شود و این واحد یکصدم زاویه قائمه است.

$$1 \text{ gon یا یک گراد} = 0.9^\circ = \frac{\pi}{200}\,\text{rad}$$

توضیحات بخش ۷

۱. باید توجه داشت که، بین یکصدم گراد که واحد اندازه‌گیری زاویه است با اصطلاح سانتیگراد (صحیح آن سلسیوس است) که واحد اندازه گیری درجه حرارت می‌باشد اشتباه نشود.

۲. واحد اندازه‌گیری "mil" گاهی برای اندازه‌گیری زاویه به کار می‌رود و در بعضی موارد یک mil زاویه‌ای، برابر یک هزارم یک رادیان ($۱۰^{-۳}$rad) است که برابر با ۳ دقیقه و ۲۶/۲۵ ثانیه می‌باشد. البته mil زاویه‌ای، دارای تعریف و مفهوم دیگری است که مساوی $\frac{۳۶۰}{۶۴۰۰}$ درجه یعنی ۳ دقیقه و ۲۲/۵ ثانیه می‌باشد. برای معانی دیگر mil به بند ۲ – ۶ و ۳ – ۵ و ۴ – ۴ مراجعه شود.

۳. در انگلستان برای زاویه کامل که یک دایره را فرا می‌گیرد، اصطلاحی معمول نیست؛ ولی درآلمان، اصطلاح Vollwinkel به کار برده می‌شود.

برای ضریبهای تبدیل واحدهایی که در بندهای ۷ – ۱ و ۷ – ۲ و ۷ – ۳ شرح داده شده است، به جدول ۷ رجوع شود.

omoorepeyman.ir

	رادیان rad	زاویه قائمه ∟	درجه °	دقیقه ′	ثانیه ″	گراد g gon
1 radian = یک رادیان rad	1	0.636 620	57.2958	3437.75	206 265	63.6620
1 right angle = یک‌زاویه‌قائمه ∟	1.570 80	1	90	5400	324 000	100
1 degree = یک درجه °	0.017 453 3	0.011 111 1	1	60	3600	1.111 11
1 minute = یک دقیقه ′	$2.908\ 88\times10^{-4}$	$1.851\ 85\times10^{-4}$	0.016 666 7	1	60	$1.851\ 85\times10^{-2}$
1 second = یک ثانیه ″	$4.848\ 14\times10^{-6}$	$3.086\ 42\times10^{-6}$	$2.777\ 78\times10^{-4}$	0.016 666 7	1	$3.086\ 42\times10^{-4}$
1 grade (or gon) = یک گراد g gon	0.015 708 0	0.01	0.9	54	3240	1

۸. زاویه فضایی

تنها واحد اساسی زاویه فضایی در سیستم SI، استرادیان (علامت sr) است که یک واحد ضمیمه‌ای[1] می‌باشد و آن زاویه فضایی است که رأس آن در مرکز کره قرار دارد و مساحت قسمتی از کره که با این زاویه محدود می‌شود، معادل سطح مربعی به ضلع شعاع کره باشد.

بدین ترتیب زاویه مرکزی یک کره کامل، برابر 4π استرادیان است.

۹. زمان

۹ – ۱. واحد زمان در سیستم SI، ثانیه (علامت s) است که یک واحد اصلی می‌باشد و در حال حاضر توسط تعداد معینی از طول موج یک جسم رادیواکتیو[2] بیان می‌شود.

۹ – ۲. پیش از سال ۱۹۶۷، ثانیه به عنوان کسری از مدت زمانی که زمین یک دور کامل تحت یک مدار معین به دور خورشید می‌گردید، تعریف می‌شد. (این ثانیه، یعنی "ثانیه نجومی" به عنوان واحد اختر شناسی هنوز مورد استفاده می‌باشد و با حداکثر دقتی که در سال ۱۹۶۷ اندازه‌گیری شد، تقریبا" مساوی واحد SI می‌باشد.)

۹ – ۳. دیگر واحدهای زمان که دارای اهمیت عملی بوده و به ضمیمه واحدهای SI کاربرد دارد، به قرار زیر است:

---

۱. هنوز به درستی روشن نشده است که آیا واحدهای ضمیمه‌ای SI واحدهای اصلی بوده، یا واحدهای مشتق شده هستند. گاهی لازم است که زاویه فضایی، یک کمیت فیزیکی مستقل در نظر گرفته شود که در این صورت استرادیان به صورت یک واحد اصلی به کار می‌رود. گاهی لازم است که زاویه فضایی به عنوان سطحی که بر مربع طول تقسیم می‌شود در نظر گرفته شود که در این صورت استرادیان به صورت یک واحد مشتق شده می‌باشد.

۲. یک ثانیه، مدتی است مساوی ۹،۱۹۲،۶۳۱،۷۷۰ برابر دوره تناوب نور اتم سزیم ۱۳۳ مربوط به انتقال بین دو تراز بسیار ظریف وابسته به حالت بنیادی آن.

omoorepeyman.ir

دقیقه (min) = 60 s

ساعت (h) = 60 min = 3600 s

روز (d) = 24 h = 86 400 s

۹ – ۴. زمانهای طولانیتر، با اصطلاح هفته، ماه و سال بیان می‌شود.

یک هفته = ۷ d = ۶۰۴۸۰۰s

(برحسب تقویم) روز ۳۱ یا ۳۰ و ۲۹ و ۲۸ = یک ماه

(برحسب تقویم) روز ۳۶۶ یا ۳۶۵ = ماه ۱۲ = یک سال*

توضیحات بخش ۹

۱. تنها واحد زمان که معمولا" به ضمیمه پیشوندهای SI به کار می‌رود، ثانیه است. اجزای آن میلی ثانیه (ms) و میکرو ثانیه (μs) و نانوثانیه (Ns) است که در تکنولوژی به کار می‌رود.

۲. معمولا" علامت a برای سال به کار می‌رود.

۱۰. سرعت خطی (سرعت) ($\frac{\text{طول}}{\text{زمان}}$)

۱۰ – ۱. واحد اساسی سرعت خطی در سیستم SI متر بر ثانیه (علامت m/s) است که یک واحد مشتق شده می‌باشد.

جدول ۱۰. سرعت خطی

	متر بر ثانیه m/s	کیلومتر بر ساعت km/h	فوت بر ثانیه ft/s	فوت بر دقیقه ft/min	اینچ بر ثانیه in/s	مایل بر ساعت mile/h	گره بین‌المللی kn	گره انگلیسی
1 metre per second = یک متر بر ثانیه m/s	1	3.6	3.280 84	196.850	39.3701	2.236 94	1.943 84	1.942 60
1 kilometre per hour = یک کیلومتر بر ساعت km/h	0.277 778	1	0.911 344	54.6807	10.9361	0.621 371	0.539 957	0.539 612
1 foot per second = یک فوت بر ثانیه ft/s	0.3048	1.097 28	1	60	12	0.681 818	0.592 484	0.592 105
1 foot per minute = یک فوت بر دقیقه ft/min	0.005 08	0.018 288	0.016 666 7	1	0.2	0.011 363 6	$9.874\,73 \times 10^{-3}$	$9.868\,42 \times 10^{-3}$
1 inch per second = یک اینچ بر ثانیه in/s	0.0254	0.091 44	0.083 333 3	5	1	0.056 818 2	$4.937\,37 \times 10^{-2}$	$4.934\,21 \times 10^{-2}$
1 mile per hour = یک مایل بر ساعت mile/h	0.447 04	1.609 344	1.466 67	88	17.6	1	0.868 976	0.868 421
1 international knot = یک گره بین‌المللی kn	0.514 444	1.852	1.687 81	101.269	20.2537	1.150 78	1	0.999 361
1 UK knot = یک گره انگلیسی	0.514 773	1.853 18	1.688 89	101.333	20.266 7	1.151 52	1.000 64	1

---

* سالی که در اینجا به آن اشاره شده، سال تقویمی است. تنظیم سال تقویمی براساس سال نجومی (مدت زمان بین دو عبور از خورشید از یک جهت، حول صفحه استوایی زمین) انجام می‌گیرد. در سال ۱۹۰۰ مدت یک سال نجومی ۳۶۵/۲۴۲۱۹۸۷۸ روز با افزایشی به میزان $۶/۱۴ \times ۱۰^{-۶}$ روز به ازای هر قرن، تعیین شده است.

omoorepeyman.ir

۱۰ – ۲. اضعاف و اجزای متر بر ثانیه توسط پیشوندهای متر در سیستم SI ساخته می‌شود.

۱۰ – ۳. یک واحد متریک که اغلب برای سرعت به کار می‌رود، کیلومتر بر ساعت (Km / h) می‌باشد.

۱۰ – ۴. واحدهای مختلف سرعت در سیستم انگلیسی، به شرح زیر است:

1 ft/s = یک فوت بر ثانیه = 0.3048 m/s

1 in/s = یک اینچ بر ثانیه = 0.0254 m/s

1 ft/min = یک فوت بر دقیقه = 0.005 08 m/s

1 mile/h* = یک مایل بر ساعت = 0.447 04 m/s

۱۰ – ۵. گره برابر یک مایل دریایی بر ساعت بوده و واحد سرعت است که در دریانوردی وهوا-نوردی کاربرد دارد. گره بین المللی (Kn) که منشاء متریک دارد، برابر یک مایل دریایی بین المللی بر ساعت می‌باشد.

یک گره بین المللی = 1852 m/h = 0.514 444 m/s

گره انگلیسی براساس واحدهای انگلیس بوده و برابر یک مایل دریایی انگلیسی برساعت می‌باشد. این واحد در حال‌حاضر منسوخ شده است.

UK knot = 6080 ft/h = 0.514773 m/s

برای ضریبهای تبدیل واحدهای سرعت به جدول ۱۰ مراجعه شود.

۱۱. سرعت زاویه‌ای** $(\frac{\text{زاویه}}{\text{زمان}})$

۱۱ – ۱. واحد سرعت زاویه‌ای در سیستم SI، رادیان بر ثانیه (rad / s) است که یک واحد مشتق شده می‌باشد.

۱۱ – ۲. سایر واحدهای سرعت زاویه‌ای به شرح زیر است:

رادیان بر دقیقه (rad/min)

---

* معمولا" با علامت اختصاری m.p.h. بیان می‌شود.

** اصطلاح سرعت دوران، به عنوان اصطلاح دیگری برای بیان سرعت زاویه‌ای به کار می‌رود، ولی می‌توان آن را برای فرکانس هم به کار برد، بویژه هنگامی که به صورت دوربر دقیقه و دوربر ثانیه بیان شود. هنگامی که مقصود فرکانس باشد، دوران نباید مانند جدول ۱۱ با زاویه مشخص شود (360° = رادیان 2π = یک دوران) بلکه باید به صورت عدد مشخص گردد و اصطلاح روشنتری برای بیان حالت "فرکانس دورانی" می‌باشد. به بخش ۱۲ " فرکانس" مراجعه شود.

omoorepeyman.ir

دور بر دقیقه (r/min) یا (rev/min)
دور بر ثانیه (r/s) یا (rev/s)
درجه بر دقیقه (°/min)
درجه بر ثانیه (°/s)

برای ضریبهای تبدیل واحدهای سرعت زاویه‌ای به جدول ۱۱ مراجعه شود .

جدول ۱۱ . سرعت زاویه‌ای و سرعت دوران

	رادیان‌برثانیه rad/s	رادیان‌بردقیقه rad/min	دوران‌برثانیه rev/s	دوران‌بر دقیقه rev/min	درجه‌برثانیه °/s	درجه‌بردقیقه °/min
1 radian per second = یکرادیان‌برثانیه rad/s	1	60	0.159 155	9.549 30	57.2958	3437.75
1 radian per minute = یکرادیان‌بردقیقه rad/min	0.016 666 7	1	0.002 652 58	0.159 155	0.954 930	57.2958
1 revolution per second = یکدوران‌برثانیه rev/s	6.283 19	376.991	1	60	360	21 600
1 revolution per minute = یکدوران‌بردقیقه rev/min	0.104 720	6.283 19	0.016 666 7	1	6	360
1 degree per second = یکدرجه‌برثانیه °/s	0.017 453 3	1.047 20	0.002 777 78	0.166 667	1	60
1 degree per minute = یکدرجه‌بردقیقه °/min	$2.908\ 88 \times 10^{-4}$	0.017 453 3	$4.629\ 63 \times 10^{-5}$	$2.777\ 78 \times 10^{-3}$	0.016 666 7	1

۱۲ . فرکانس $(\frac{\text{عدد}}{\text{زمان}})$

۱۲ – ۱ . واحد اساسی فرکانس (از یک طول موج و یا یک پدیده دوره‌ای) در سیستم SI هرتز می‌باشد (علامت Hz) که یک واحد مشتق شده با اسم مخصوص است .

قبلا" به جای هرتز، سیکل بر ثانیه (C / s) به کار می‌بردند .

در صورتی که بخواهیم برحسب واحدهای اصلی SI بیان کنیم ، هرتز و سیکل بر ثانیه، هر دو به صورت معکوس زمان نشان داده می‌شوند ؛ مانند :

s^{-1} یا 1/s

۱۲ – ۲ . همچنین واحد فرکانس دورانی (فرکانسی که از دوران مکانیکی یک میله ناشی می‌شود) در سیستم SI معکوس زمان s^{-1} و یا 1 / s است .

که معمولا" به عنوان دوران بر ثانیه (r / s یا rev / s) شناخته می‌شود .

۱۲ – ۳ . واحد متداول دیگری که برای فرکانس دورانی به کار می‌رود ، دور بر دقیقه (r / min) یا (rev / min) است که از قدیم با علامت اختصاری r.p.m شناخته شده است .

omoorepeyman.ir

$$1\ \text{rev/min} = \frac{1}{60}\ \text{rev/s}$$

$$= 1\ \text{rev/min} \quad \frac{1}{60\,\text{s}} \text{ یا } \frac{1}{60}\,\text{s}^{-1} \qquad \text{و در سیستم SI}$$

۱۲ – ۴. در سرعتهای زاویه‌ای که از جدول ۱۱ به دست می‌آید، مقدار rev/s معادل Hz یا $\frac{1}{\text{s}}$ و یا s^{-1} در نظر گرفته شده است.

به توضیح بخش ۱۱ "سرعت زاویه‌ای" نیز مراجعه شود.

۱۳. شتاب $\left(\frac{\text{طول}}{\text{مربع زمان}}\right)$

۱۳ – ۱. واحد اساسی شتاب در سیستم SI، متر بر مجذور ثانیه (علامت m / s^2) است که یک واحد مشتق شده می‌باشد.

۱۳ – ۲. سانتیمتر بر مجذورثانیه (cm / s^2) که از اجزای واحد SI می‌باشد، به عنوان galileo یا gal (علامت Gal) نامیده می‌شود.

$$1\ \text{Gal} = 1\ \text{cm/s}^2 = 10^{-2}\ \text{m/s}^2$$

واحدی که در زمین شناسی زیاد به کار می‌رود، میلی گال (m Gal) است.

$$1\ \text{mGal} = 10^{-3}\ \text{Gal} = 10^{-5}\ \text{m/s}^2$$

۱۳ – ۳. واحدی که در سیستم انگلیسی برای شتاب متداول است، فوت بر مجذور ثانیه (ft/s^2) است.

$$1\ \text{ft/s}^2 = 0.3048\ \text{m/s}^2$$

۱۳ – ۴. شتاب 9.80665 m/s^2 رل مهمی در تعریف واحدهای مخصوص سیستم قدیمی‌تر داشته است. هر گاه شتاب سقوط‌آزاد در نظر باشد اصطلاح شتاب ثقل استاندارد به‌کار می‌رود و علامت اختصاری آن gn است. گاهی در مهندسی هواپیما و تکنولوژی گریز از مرکز شتاب ثقل، به عنوان واحد شتاب به کار رفته و g خوانده می‌شود.

در صورتی که دقت زیاد مورد نظر باشد، مقدار 9.80665 m/s^2 به کار برده می‌شود که معادل آن در سیستم انگلیسی 32.1740 ft/s^2 می‌باشد. مقدارهای روند شده این عددها به ترتیب 9.81 m/s^2 و 32.2 ft s^2 می‌باشد.

برای ضریبهای تبدیل این واحدها به جدول ۱۳ مراجعه شود.

جدول ۱۳. شتاب

	متر بر مجذور ثانیه m/s^2	فوت بر مجذور ثانیه ft/s^2	شتاب استاندارد ناشی از ثقل g_n
1 metre per second squared = m/s^2 یک‌متر بر مجذور ثانیه	1	3.280 84	0.101 972
1 foot per second squared = ft/s^2 یک فوت بر مجذور ثانیه	0.3048	1	0.031 081 0
standard acceleration due to gravity = g_n شتاب ناشی از ثقل	9.806 65	32.1740	1

توضیح: به بند ۱۳ – ۲ مراجعه شود.

ج 1 Gal = 1 cm/s^2 = 10^{-2} m/s^2
1 mGal = 10^{-5} m/s^2

omoorepeyman.ir

۱۴. جـــــرم

۱۴ ــ ۱. واحد اساسی جرم در سیستم SI کیلوگرم (kg) است که یک واحد اصلی بوده و برابر جرم نخستین نمونه بین المللی کیلوگرم است. این نمونه، به‌صورت امانت در سازمان بین المللی وزنها و مقیاسها در سور نزدیک پاریس نگهداری می‌شود.)

۱۴ ــ ۲. با توجه به اسم اصلی واحد جرم که شامل پیشوند کیلو است، اضعاف و اجزای آن از طریق اضافه کردن واژه گرم به پیشوندهای SI ساخته می‌شود؛ مانند مگاگرم Mg، گرم g، میلیگرم mg و میکروگرم* μg؛ که اضعاف و اجزای آن به شرح زیر است:

$1\ \text{Mg} = 1000\ \text{kg}$

$1\ \text{g} = \frac{1}{1000}\ \text{kg}$

$1\ \text{mg} = 10^{-6}\ \text{kg}$

$1\ \mu\text{g} = 10^{-9}\ \text{kg}$

در عمل مگاگرم معمولاً" با اسم مخصوص تن (علامت t) نامیده شده و در آمریکا و انگلستان به عنوان تن متریک به کار می‌رود.

۱۴ ــ ۳. دیگر واحدهای جرم که با سیستم متریک ارتباط دارند به شرح زیر است:

یک قیراط متریک** = ۲۰۰ میلیگرم = $2 \times 10^{-4}\ \text{kg}$

یک کوئین تال (q) = $100\ \text{kg}$

یک واحد جرم اتمی (u) = $1.660\ 53 \times 10^{-27}\ \text{kg}$

۱۴ ــ ۴. واحد اصلی جرم در انگلستان و آمریکا پاوند (lb) می‌باشد و مقدار آن با دقت برابر است با:

$1\ \text{lb} = 0.453\ 592\ 37\ \text{kg}$

۱۴ ــ ۵. ارتباط بین اضعاف و اجزای پاوند به صورت واحدهای سنتی انگلیسی و امریکایی جـــرم مشخص شده است.

وزنه‌های معمولی

الف) وزنه‌هایی که در انگلستان و آمریکا متداول است

یک پاوند = 16 ounces (oz) (1 oz = 28.3495 g)

یک پاوند = 16×16 drams (dr) (1 dr = 1.771 85 g)

یک پاوند = 7000 grains (gr) (1 gr = 0.064 798 91 g)

---

* اسم دیگری که برای میکروگرم به کار می‌رود، گاما (علامت اختصاری γ) است.

** قیراط متریک یک مجوز و واحد بین‌المللی در تجارت الماس، مرواریدهای قیمتی و سنگهای گرانبها بوده و علامت اختصاری آن در انگلستان .CM می‌باشد.

omoorepeyman.ir

فهرستبرگه

موءسسه استاندارد انگلستان British Standards Institution

ضریبها و جدولهای تبدیل واحدها و مقیاسها / [ترجمه] معاونت فنی، دفترتحقیقات ومعیارهای فنی. ــ تهران: سازمان برنامه و بودجه، مرکز مدارک اقتصادی ــ اجتماعی و انتشارات، ۱۳۷۲

۸۴، 100 ص..جدول. ــ (سازمان برنامه و بودجه. دفترتحقیقات و معیارهای فنی؛ نشریه شماره ۹۸) (انتشارات سازمان برنامه و بودجه؛ ۷۲/۰۰/۴)

عنوان اصلی: Conversion factors and tables (BS 350 : Pt.1 : 1974)

چاپ سوم: همراه با اصل اثر به زبان انگلیسی

چاپ اول و دوم در سال ۱۳۶۶ و ۱۳۶۷ توسط دفتر تحقیقات‌ومعیارهای فنی وزارت برنامه‌وبودجه، بدون اشاره به ترجمه بودن اثر، تهیه شده‌است.

۱. وزنها و اندازه‌ها. ۲. اندازه‌گیری ــ جدولهای تبدیل. الف. سازمان برنامه‌وبودجه. دفتر تحقیقات‌ومعیارهای فنی. ب. سازمان برنامه و بودجه. مرکزمدارک اقتصادی ــ اجتماعی و انتشارات. ج. عنوان. د. سلسله‌انتشارات.

۱۳۷۲ ش. ۹۸ ۹الف/۳۶۸ TA

ضریبها و جدولهای تبدیل واحدها و مقیاسها (نشریه شماره ۹۸)

تهیه کننده: دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

ناشر: سازمان برنامه وبودجه. مرکز مدارک اقتصادی ــ اجتماعی‌وانتشارات

چاپ سوم همراه با اصل اثر به زبان انگلیسی: ۱۰۰۰ نسخه، ۱۳۷۲

قیمت: ۲۷۵۰ ریال

چاپ و صحافی: موسسه زحل چاپ

همه حقوق برای ناشر محفوظ است.

omoorepeyman.ir

ب) وزنه‌هایی که فقط در انگلستان متداول است

1 stone	= 14 پاوند	(= 6.350 29 kg)
1 quarter (qr)	= 28 پاوند	(= 12.7006 kg)
1 cental (ctl)	= 100 پاوند	(= 45.3592 kg)
1 hundredweight (cwt)	= 112 پاوند	(= 50.8023 kg)
1 ton (ton)	= 2240 پاوند	(= 1016.05 kg)

پ) وزنه‌هایی که فقط در آمریکا متداول است

1 short hundredweight (sh cwt)	= 100 پاوند	(= 45.3592 kg)
1 short ton (sh ton)	= 2000 پاوند	(= 907.185 kg)

(در آمریکا وقتی تن به کار می‌بریم ، اگر مشخص نگردد ، مقصود تن کوچک است که مساوی 2000 lb می‌باشد ، اصطلاح تن بزرگ که بعضی اوقات به کار می‌رود مقصود 2240 lb می‌باشد اگر hundred weight برابر 112 پاوند باشد معمولا" آن را به نام long hundred weight می‌نامند که به کار بردن این واحدهای بزرگ در آمریکا در حال منسوخ شدن است .)

وزنه‌های داروخانه‌ای که در انگلستان و آمریکا متداول است

1 scruple *	= 20 grains	(= 1.295 98 gram)
1 drachm* (درانگلستان)	= 3 scruples	(= 3.887 93 gram)
1 dram (درامریکا)	= 3 scruples	(= 3.887 93 gram)
1 ounce* = 24 scruples	= 480 grains	(= 31.1035 gram)

(oz apoth در انگلستان و oz ap در امریکا)

وزنه‌های فلزات گرانبها که در انگلستان و آمریکا متداول است

(= 31.1035 gram) 480 grains = یک اونس داروخانه‌ای = یک اونس فلزات گرانبها
(oztr در انگلستان و ozt در آمریکا)

اونس داروخانه‌ای و اونس فلزات گرانبها دارای جرم مساوی بوده و با اونس وزنه‌های معمولی متفاوت است . در مواردی که مشخص نشده ، اصطلاح اونس با علامت اختصاری oz مشخص کننده وزنه‌های معمولی است . به کار بردن پاوند برای فلزات گرانبها در انگلستان غیرقانونی ، ولی در آمریکا قانونی است و جرم آن مساوی 5760 grains می‌باشد .

(= 0.373 242 kg) 5760 grains = اونس فلزات گرانبها 12 = یک پاوند فلزات گرانبها . (مقدار grain ، برای وزنه‌های معمولی ، وزنه‌های فلزات گرانبها و وزنه‌های داروخانه‌ای یکسان است و علامت اختصاری آن در انگلستان gr است) .

***کاربرد واحدهای داروخانه‌ای (scruple, drachm و اونس داروخانه‌ای) از سال ۱۹۷۱ در انگلستان غیرقانونی شده است .**

omoorepeyman.ir

جدول ۱۴ ـ ۰۲ جـرم

	گرم g (0.001 kg)	قیراط متریک	grain * gr	dram (avoir) dr	drachm (apoth)	اونس (وزنه معمولی) oz	اونس (فلزات‌گرانبها یا داروخانه‌ای) oz tr or oz apoth
1 gram (0.001 kg) g = یک‌گرم	1	5	15.4324	0.564 383	0.257 206	0.035 274 0	0.032 150 7
1 metric carat = یک قیراط متریک	0.2	1	3.086 47	0.112 877	0.051 441 2	$7.054\ 79 \times 10^{-3}$	$6.430\ 15 \times 10^{-3}$
1 grain * gr =	0.064 798 9	0.323 995	1	0.036 571 4	0.016 666 7	$2.285\ 71 \times 10^{-3}$	$2.083\ 33 \times 10^{-3}$
1 dram (avoir) dr = (وزنه معمولی)	1.771 85	8.859 23	27.343 75	1	0.455 729	0.0625	0.056 966 1
1 drachm (apoth) = (داروخانه‌ای)	3.887 93	19.4397	60	2.194 29	1	0.137 143	0.125
1 ounce (avoir) oz = یک اونس (وزنه معمولی)	28.3495	141.748	437.5	16	7.291 67	1	0.911 458
1 ounce (troy or apoth) oz tr or oz apoth = یک‌اونس (فلزات‌گرانبها یا داروخانه‌ای)	31.1035	155.517	480	17.5543	8	1.097 14	1

* مقدار grain برای وزنه‌های معمولی و فلزات گرانبها و داروخانه‌ای یکسان است .

کاربرد واحدهای دیگر داروخانه‌ای ، یعنی dram و ounce در انگلستان زیاد متداول نیست .

omoorepeyman.ir

جدول ۱۴ ـ ۰۳ جرم

	تن (1000 kg) (megagram Mg)	پاوند lb	UK hundredweight cwt	short hundredweight* sh cwt	تن انگلیسی ton	short ton* sh ton
1 tonne (1000 kg) (1 Mg) = یک تن t	1	2204.62	19.6841	22.0462	0.984 207	1.102 31
1 pound = یک پاوند lb	$4.535\ 92 \times 10^{-4}$	1	$8.928\ 57 \times 10^{-3}$	0.01	$4.464\ 29 \times 10^{-4}$	0.0005
1 hundredweight = cwt	0.050 802 3	112	1	1.12	0.05	0.056
1 short hundredweight* = sh cwt	0.045 359 2	100	0.892 857	1	0.044 642 9	0.05
1 UK ton = یک تن انگلیسی ton	1.016 05	2240	20	22.4	1	1.12
1 short ton* = sh ton	0.907 185	2000	17.8571	20	0.892 857	1

* short hundred weight که واحدی آمریکایی و مساوی ۱۰۰ پاوند است ، در انگلستان گاهی cental نامیده می‌شود.

(علامت 1 t c)

omoorepeyman.ir

۱۴ ــ ۶. سایر واحدهای انگلیسی و آمریکایی جرم ، به قرار زیر است :

1 assay ton (انگلستان)	= 32.667 g		(۱)
1 assay ton (امریکا)	= 29.166 g		(۲)
1 slug	= 32.1740 lb	(= 14.5939 kg)	(۳)
1 corn bushel بین المللی	= 60 lb	(= 27.2155 kg)	(۴)

ضریبهای تبدیل واحدهای جرم ، در جدول ۱۴ ــ ۱ و ۱۴ ــ ۲ و ۱۴ ــ ۳ داده شده است .

جدول ۱۴ ــ ۱. جرم

	کیلوگرم kg	پاوند lb	slug
1 kilogram = 1 kg یک‌کیلوگرم	1	2.204 62	0.068 521 8
1 pound = 1 lb یک‌پاوند	0.453 592 37	1	0.031 081 0
1 slug =	14.5939	32.1740	1

۱۵. جرم بر واحد طول (یا چگالی خطی) ($\frac{\text{جرم}}{\text{طول}}$)

۱۵ ــ ۱. واحد اساسی جرم بر واحد طول در دستگاه SI ، کیلوگرم بر متر (علامت kg / m) است که یک واحد مشتق شده می‌باشد .

۱۵ ــ ۲. برای چگالی خطی دو اسم دیگر ، به شرح زیر وجود دارد که در نساجی به کار می‌رود .

1 tex = ۱ گرم بر کیلومتر = 10^{-6} kg/m

1 denier = ۱ گرم بر ۹ کیلومتر = $0.111\,112 \times 10^{-6}$ kg/m

---

(۱) تعداد میلیگرم یک assay ton انگلستان ، برابر تعداد اونس (فلزات گرانبها) یک تن انگلیسی است .

(۲) تعداد میلیگرم یک assay ton آمریکا برابر تعداد اونس (فلزات گرانبها) یک تن کوچک امریکایی است .

(۳) slug واحد عملی جرم در انگلستان است که یک پاوند نیرو ، بر روی چنین جرمی ، شتابی برابر یک فوت بر مجذور ثانیه ایجاد می‌کند .

(۴) برای فروش غله ، طبق تصمیم پیمان بین المللی سال ۱۹۴۹ عمل می‌شود .

omoorepeyman.ir

جدول ۱۵ . جرم بر واحد طول

(مورد کاربرد در سیمها و میله‌ها)

			یک کیلوگرم برمتر kg/m	پاند بر اینچ lb/in	پاوند بر فوت lb/ft	پاوند بربارد lb/yd	پاوند برمایل lb/mile	تن انگلیسی بر ۱۰۰۰ بارد ton/1000 yd	تن انگلیسی برمایل ton/mile
یک کیلوگرم برمتر ■	1 kilogram per metre* kg/m	=	1	0.055 997 4	0.671 969	2.015 91	3548.00	0.899 958	1.583 93
یک پاند بر اینچ	1 pound per inch lb/in	=	17.8580	1	12	36	63 360	16.0714	28.2857
یک پاوند بر فوت	1 pound per foot lb/ft	=	1.488 16	0.083 333 3	1	3	5280	1.339 29	2.357 14
یک پاوند بربارد	1 pound per yard lb/yd	=	0.496 055	0.027 777 8	0.333 333	1	1760	0.446 429	0.785 71
یک پاوند برمایل •	1 pound per mile lb/mile	=	$2.818\ 49\times10^{-4}$	$1.578\ 28\times10^{-5}$	$1.893\ 94\times10^{-4}$	$5.681\ 82\times10^{-4}$	1	$2.536\ 53\times10^{-4}$	$4.464\ 29\times10^{-4}$
یک تن انگلیسی بر ۱۰۰۰ بارد	1 UKton per 1000 yards ton/1000 yd	=	1.111 16	0.062 222 2	0.746 667	2.24	3942.4	1	1.76
یک تن انگلیسی برمایل	1 UKton per mile ton/mile	=	0.631 342	0.035 353 5	0.424 242	1.272 73	2240	0.568 182	1

*یک کیلوگرم بر متر (kg / m)= یک تن بر کیلومتر (t / km)

omoorepeyman.ir

۱۵ – ۳ . پاره‌ای از واحدهای انگلیسی جرم بر واحد طول‌که اغلب در صنعت برای‌سیمها و میله‌ها و غیره به کار می‌رود ، به شرح زیر است :

1 پاوند بر اینچ	(lb/in)	(= 17.8580 kg/m)
1 پاوند بر فوت	(lb/ft)	(= 1.488 16 kg/m)
1 پاوند بر یارد	(lb/yd)	(= 0.496 055 kg/m)
1 پاوند بر مایل	(lb/mile)	(= $2.818\ 49 \times 10^{-4}$ kg/m)
1 تن انگلیسی بر هزار یارد	(ton/1000 yd)	(= 1.111 16 kg/m)
1 تن انگلیسی بر مایل	(ton/mile)	(= 0.631 342 kg/m)

ضریبهای تبدیل واحدهای بندهای ۱۵ – ۱ و ۱۵ – ۲ و ۱۵ – ۳ درجدول ۱۵ داده‌شده است .

۱۶ . جرم بر واحد سطح ($\frac{\text{جرم}}{\text{مربع طول}}$) (موردکاربرد در ورقهای فلزی ، روکش کاری و کشاورزی)

۱۶ – ۱ . واحد اساسی جرم بر واحد سطح در دستگاه SI ، کیلوگرم بر واحد سطح (kg/m^2) است که یک واحد مشتق شده می‌باشد .

۱۶ – ۲ . واحدهای متریک متداول دیگر جرم بر واحد سطح ، به قرار زیر است :

گرم بر متر مربع (g/m²) (= 0.001 kg/m²)

میلیگرم بر سانتیمتر مربع (mg/cm²) (= 0.01 kg/m²)

میلیگرم بر میلیمتر مربع (mg/mm²) (= 1 kg/m²)

کیلوگرم بر هکتار (kg/ha) (= 0.0001 kg/m²)

۱۶ – ۳ . پاره‌ای از واحدهای انگلیسی جرم بر واحد سطح ، به شرح زیر است :

پاوند بر ۱۰۰۰ فوت مربع	(lb/1000 ft²)	(= $4.882\ 43 \times 10^{-3}$ kg/m²)
اونس بر یارد مربع	(oz/yd²)	(= $3.390\ 57 \times 10^{-2}$ kg/m²)
اونس برفوت مربع	(oz/ft²)	(= 0.305 152 kg/m²)
پاوند بر acre	(lb/acre)	(= $1.120\ 85 \times 10^{-4}$ kg/m²)
تن انگلیسی بر مایل مربع	(ton/mile²)	(= $3.922\ 98 \times 10^{-4}$ kg/m²)

ضریبهای تبدیل واحدهای فوق در جدول ۱۶ داده شده است .

۱۷ . سطح ویژه یا سطح بر واحد جرم (مورد کاربرد در ورقهای فلزی ، روکش کاری و کشاورزی)

۱۷ – ۱ . واحد اساسی سطح ویژه در دستگاه SI، مترمربع بر کیلوگرم (m^2/kg) است که یک واحد مشتق شده می‌باشد .

omoorepeyman.ir

جدول ۱۶ . جرم بر واحد سطح

(مورد کاربرد در ورقهای فلزی ، روکش کاری و کشاورزی)

			کیلوگرم برمترمکعب kg/m²	پاوند بر ۱۰۰۰ فوت مربع lb/1000 ft²	اونس بر یارد مربع oz/yd²	اونس بر فوت مربع oz/ft²	پاوند بر acre lb/acre	تن انگلیسی بر مایل مربع ton/mile²	کیلوگرم بر هکتار* kg/ha
یک کیلوگرم بر مترمکعب	1 kilogram per square metre kg/m²	=	1	204.816	29.493 5	3.277 06	8921.79	2549.08	1×10^4
یک پاوند بر۱۰۰۰ فوت مربع	1 pound per thousand square feet lb/1000 ft²	=	$4.882\ 43 \times 10^{-3}$	1	0.144	0.016	43.56	12.4457	48.8243
یک اونس بر یارد مربع	1 ounce per square yard oz/yd²	=	0.033 905 7	6.944 44	1	0.111 111	302.5	86.4286	339.057
یک اونس بر فوت مربع	1 ounce per square foot oz/ft²	=	0.305 152	62.5	9	1	2722.5	777.857	3051.52
یک پاوند بر acre	1 pound per acre lb/acre	=	$1.120\ 85 \times 10^{-4}$	0.022 956 8	$3.305\ 79 \times 10^{-3}$	$3.673\ 09 \times 10^{-4}$	1	0.285 714	1.120 85
یک تن انگلیسی بر مایل مربع	1 UK ton per square mile ton/mile²	=	$3.922\ 98 \times 10^{-4}$	0.080 348 9	0.011 570 2	$1.285\ 58 \times 10^{-3}$	3.5	1	3.922 98
یک کیلوگرم برهکتار*	1 kilogram per hectare * kg/ha	=	1×10^{-4}	0.020 481 6	$2.949\ 35 \times 10^{-3}$	$3.277\ 06 \times 10^{-4}$	0.892 17	0.254 908	1

* یک کیلوگرم بر مترمربع $1mg/mm^2 = 100mg/cm^2 = 1000g/m^2 = (kg/m^2)$

omoorepeyman.ir

جدول ۱۷ . سطح ویژه ، یا سطح بر واحد جرم (مورد کاربرد در ورقهای فلزی ، روکش کاری و کشاورزی)

	مترمربع برکیلوگرم* m^2/kg	هزارفوت‌مربع‌برپاوند $1000\ ft^2/lb$	یارد مربع‌بر اونس yd^2/oz	فوت‌مربع براونس ft^2/oz	acre بر پاوند acre/lb	مایل مربع بر تن انگلیسی $mile^2/ton$	هکتار بر کیلوگرم ha/kg
1 square metre per kilogram* = m^2/kg* یکمترمربع بر کیلوگرم*	1	$4.882\ 43\times10^{-3}$	0.033 905 7	0.305 152	$1.120\ 85\times10^{-4}$	$3.922\ 98\times10^{-4}$	1×10^{-4}
1 thousand square feet per pound = $1000\ ft^2/lb$ هزار فوت مربع بر پاوند	204.816	1	6.944 44	62.5	0.022 956 8	0.080 348 9	0.020 481 6
1 square yard per ounce = yd^2/oz یک یارد مربع بر اونس	29.4935	0.144	1	9	$3.305\ 79\times10^{-3}$	0.011 570 2	$2.949\ 35\times10^{-3}$
1 square foot per ounce = ft^2/oz یک فوت مربع بر اونس	3.277 06	0.016	0.111 111	1	$3.673\ 09\times10^{-4}$	$1.285\ 58\times10^{-3}$	$3.277\ 06\times10^{-4}$
1 acre per pound = acre/lb یک acre بر پاوند	8921.79	43.56	302.5	2722.5	1	3.5	0.892 179
1 square mile per UK ton = $mile^2/ton$ یک مایل مربع بر تن انگلیسی	2549.08	12.4457	86.4286	777.857	0.285 714	1	0.254 908
1 hectare per kilogram = ha/kg یک هکتار بر کیلوگرم	1×10^4	48.8243	339.057	3051.52	1.120 85	3.922 98	1

* یک مترمربع بر کیلوگرم $(m^2/kg) = 1mm^2/mg = 10^{-2}cm^2/mg = 10^{-3}m^2/g$

omoorepeyman.ir

۱۷ ـ ۲ . واحدهای متریک متداول دیگر سطح بر واحد جرم ، به قرار زیر است :

مترمربع بر گرم (m²/g) (= 1000 m²/kg)

سانتیمتر مربع بر میلیگرم (cm²/mg) (= 100 m²/kg)

میلیمتر مربع بر میلیگرم (mm²/mg) (= 1 m²/kg)

هکتار بر کیلوگرم (ha/kg) (=10 000 m²/kg)

۱۷ ـ ۳ . پاره‌ای از واحدهای انگلیسی سطح بر واحد جرم ، به شرح زیر است :

هزار فوت مربع بر پاوند (1000 ft²/lb) (= 204.816 m²/kg)

یارد مربع بر اونس (yd²/oz) (= 29.4935 m²/kg)

فوت مربع بر اونس (ft²/oz) (= 3.277 06 m²/kg)

acra بر پاوند (acre/lb) (= 8921.79 m²/kg)

مایل مربع بر تن انگلیسی (mile²/ton) (= 2549.08 m²/kg)

ضریبهای تبدیل واحدهای بالا ، در جدول ۱۷ داده شده است .

۱۸ . سطح بر واحد گنجایش

واحد دیگری که تا اندازه‌ای کاربردش مشابه واحد سطح ویژه است ، سطح بر واحد گنجایش است که در میزان پوشش رنگها مورد کاربرد دارد .

در جدول ۱۸ ، ضریبهای تبدیل مترمربع بر لیتر ، یارد مربع بر گالن انگلیسی و فوت مربع بر گالن انگلیسی داده شده است .

جدول ۱۸ . سطح بر واحد گنجایش

	مترمربع بر لیتر m²/l	یاردمربع بر گالن yd²/gal	فوت‌مربع برگالن ft²/gal
1 square metre per litre = یک مترمربع بر لیتر m²/l	1	5.437 08	48.9337
1 square yard per gallon = یک‌یارد مربع بر گالن yd²/gal	0.183 992	1	9
1 square foot per gallon = یک فوت مربع برگالن ft²/gal	0.020 435 8	0.111 111	1

omoorepeyman.ir

۱۹. چگالی[1]

۱۹ – ۱. واحد اساسی چگالی در دستگاه SI ، کیلوگرم بر متر مکعب (kg / m^3) است .

۱۹ – ۲. واحدهای متریک دیگری که در این مورد متداول است ، به قرار زیر می‌باشد :

kg / m^3 1000 = گرم بر میلی لیتر (g/ ml)[2] یا گرم بر سانتیمتر مکعب (g/cm^3)

۱۹ – ۳. پاره‌ای از واحدهای انگلیسی چگالی به قرار زیر است :

پاوند بر اینچ مکعب (lb/in³) (=27 679.9 kg/m³)

پاوند بر فوت مکعب (lb/ft³) (= 16.0185 kg/m³)

تن انگلیسی بریارد مکعب (UKton/yd³) (= 1328.94 kg/m³)

پاوند بر گالن انگلیسی (lb/UKgal) (= 99.7763 kg/m³)

پاوند بر گالن آمریکایی (lb/USgal) (= 119.826 kg/m³)

ضریبهای تبدیل واحدهای فوق در جدول ۱۹ داده شده است . به بخش ۲۰ " غلظت " هم مراجعه شود .

۲۰. غلظت ($\frac{\text{جرم}}{\text{حجم}}$)

۲۰ – ۱. واحد غلظت[3] (یعنی جرم یک جسم بر واحد حجم یک مایع) در دستگاه SI ، کیلو گرم بر مترمکعب (kg / m^3) است که یک واحد مشتق شده می‌باشد .

این واحد مساوی یک گرم بر دسیمتر مکعب است و معمولا " به صورت یک گرم بر لیتر[4] نیز بیان می‌شود .

$$1\ kg/m^3 = 1\ g/dm^3 = 1\ g/l$$

۲۰ – ۲. پاره‌ای از واحدهای انگلیسی وآمریکایی که عملا " برای غلظت مورد کاربرد دارد ،به قرار زیر است :

گرین بر فوت مکعب (gr/ft³) (= 0.228 835 × 10^{-2} kg/m³)

گرین بر گالن انگلیسی (gr/UKgal) (= 0.014 253 8 kg/m³)

---

۱. چگالی نسبی ($\frac{\text{چگالی}}{\text{چگالی معرف}}$) بدون دیمانسیون است .

چگالی نسبی عبارت است از نسبت جرم حجم معینی از آن جسم به جرمی با همان حجم از جسم معرف ، تحت شرایط مخصوص برای هر دو جسم . وقتی که جسم معرف آب باشد اصطلاح " وزن مخصوص" را به جای چگالی نسبی به کار می‌برند .

۲. یک گرم بر میلی لیتر (۱۹۰۱) = 999.972 kg / m^3 . به بخش ۴ – ۳ (لیتر) مراجعه شود .

۳. گاهی غلظت به صورتهای دیگری نیز بیان می‌شود . برای مثال ، جرم (از یک جسم) بر واحد جرم (از یک مایع) ، یا در شیمی فیزیک با اصطلاح ملکول بر واحد حجم .

۴. یک گرم بر لیتر (۱۹۰۱) = 0.999972 kg / m^3

omoorepeyman.ir

بسم الله الرحمن الرحیم

توسعه روز افزون صنایع در کشور باعث ورود ماشین آلات و صنایع از کشورهای صنعتی شده است . اما سیستم واحدها و مقیاسها در این کشورها متفاوت است . از این روی تنظیم جدولهایی جهت تبدیل مقیاسها و واحدها به زبان فارسی ضروری است . از چندی پیش، دفتر تحقیقات و معیارهای فنی اقدام به ترجمه جدولهای تبدیل واحدها و مقیاسها نمود تا در زمینه‌های مختلف صنعتی و بالاخص برای دانشجویان رشته‌های فنی قابل استفاده باشد .

در این ترجمه، کوشش شده که تا حد امکان، برای اصطلاحات انگلیسی، از معادل فارسی استفاده شود؛ اما در پاره‌ای موارد که کلمات معادل در فارسی گویا نبوده اجبارا" همان اصطلاحات انگلیسی آمده است . بدیهی است که در بعضی موارد، انتخاب واژه‌ها، خالی از اشتباه نیست، ولی امید بر این است که به عنوان پایه‌ای برای بررسیهای بعدی قرار گیرد و واژه‌های فارسی متناسب جایگزین اصطلاحات خارجی گردیده و در سطح کشور قابل فهم و استفاده باشد .

امید است این نشریه را متخصصان فن و صاحبنظران زبان فارسی، مورد بررسی قرار دهند و با ارائه پیشنهادهای خود این دفتر را در تجدید نظرهای آتی یاری نمایند .

دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

omoorepeyman.ir

جدول ۱۹ . چگالی (جرم / حجم)

	کیلوگرم بر متر مکعب	گرم بر سانتیمتر مکعب	گرم بر میلی‌لیتر (۱۹۰۱)	پاوند بر اینچ مکعب	پاوند بر فوت مکعب	تن انگلیسی بر یارد مکعب	پاوند بر گالن انگلیسی	پاوند بر گالن امریکایی
	kg/m^3	g/cm^3 (g/ml)	g/ml (1901)	lb/in^3	lb/ft^3	$UKton/yd^3$	lb/UKgal	lb/USgal
1 kilogram per cubic metre = یک کیلوگرم بر مترمکعب kg/m^3	1	0.001	$1.000\,028 \times 10^{-3}$	$3.612\,73 \times 10^{-5}$	$6.242\,80 \times 10^{-2}$	$7.524\,80 \times 10^{-4}$	$1.002\,24 \times 10^{-2}$	$0.834\,540 \times 10^{-2}$
1 gram per cubic centimetre = یک‌گرم‌سانتیمترمکعب $g/cm^3 = (g/ml)$	1000	1	1.000 028	0.036 127 3	62.4280	0.752 480	10.0224	8.345 40
1 gram per millilitre (1901) = یک‌گرم‌برمیلی‌لیتر (۱۹۰۱) g/ml (1901)	999.972	0.999 972	1	0.036 126 3	62.4262	0.752 459	10.0221	8.345 17
1 pound per cubic inch = یک پاوند بر اینچ مکعب lb/in^3	27 679.9	27.6799	27.680 7	1	1728	20.828 6	277.420	231
1 pound per cubic foot = یک پاوند بر فوت مکعب lb/ft^3	16.0185	0.016 018 5	0.016 018 9	$5.787\,04 \times 10^{-4}$	1	0.012 053 6	0.160 544	0.133 681
1 UK ton per cubic yard = یک‌تن‌انگلیسی‌بر یارد مکعب $UKton/yd^3$	1328.94	1.328 94	1.328 98	0.048 011 0	82.9630	1	13.3192	11.0905
1 pound per UK gallon = پاوند بر گالن انگلیسی $lb/UKgal$	99.7763	0.099 776 3	0.099 779 1	$3.604\,65 \times 10^{-3}$	6.2?8 83	0.075 079 7	1	0.832 674
1 pound per US gallon = یک پاوند بر گالن آمریکایی $lb/USgal$	119.826	0.119 826	0.119 830	$4.329\,00 \times 10^{-3}$	7.480 52	0.090 167 0	1.200 95	1

omoorepeyman.ir

جدول ۲۰. غلظت

	کیلوگرم بر مترمکعب kg/m³ / گرم بر دسیمتر مکعب g/dm³ / گرم بر لیتر g/l	گرم بر لیتر*(۱۹۰۱) g/l (1901)*	grain بر فوت مکعب gr/ft³	grain بر گالن انگلیسی gr/UKgal	grain بر گالن آمریکایی gr/USgal	اونس بر گالن انگلیسی oz/UKgal	اونس بر گالن آمریکایی oz/USgal
1 kilogram per cubic metre یک کیلوگرم بر مترمکعب / 1 gram per cubic decimetre یک گرم بر دسیمتر مکعب / 1 gram per litre یک گرم بر لیتر =	1	1.000 028	436.996	70.1569	58.4178	0.160 359	0.133 526
1 gram per litre (1901)* یک گرم بر لیتر*(۱۹۰۱) g/l (1901) =	0.999 972	1	436.983	70.1549	58.4162	0.160 354	0.133 523
1 grain per cubic foot یک grain بر فوت مکعب gr/ft³ =	$0.228\ 835 \times 10^{-2}$	$0.228\ 842 \times 10^{-2}$	1	0.160 544	0.133 681	$3.669\ 57 \times 10^{-4}$	$3.055\ 56 \times 10^{-4}$
1 grain per UK gallon یک grain بر گالن انگلیسی gr/UKgal =	0.014 253 8	0.014 254 2	6.228 83	1	0.832 674	$2.285\ 71 \times 10^{-3}$	$1.903\ 25 \times 10^{-3}$
1 grain per US gallon یک grain بر گالن آمریکایی gr/USgal =	0.017 118 1	0.017 118 5	7.480 52	1.200 95	1	$2.745\ 03 \times 10^{-3}$	$2.285\ 71 \times 10^{-3}$
1 ounce per UK gallon یک اونس بر گالن انگلیسی oz/UKgal =	6.236 02	6.236 20	2725.11	437.5	364.295	1	0.832 674
1 ounce per US gallon یک اونس بر گالن آمریکایی oz USgal =	7.489 15	7.489 36	3272.73	525.416	437.5	1.200 95	1

* $1.000028 \times 10^{-3}\ m^3/kg$ = یک لیتر (۱۹۰۱) بر کیلوگرم (به بند ۴ ـ ۳ لیتر مراجعه شود)

توضیح ۱. علامت g بیان کننده گرم و علامت gr بیان کننده grain است

توضیح ۲. به جدول ۱۹ " چگالی نیز مراجعه شود.

omoorepeyman.ir

گرین بر گالن آمریکایی (gr/USgal) (= 0.017 118 1 kg/m³)

اونس بر گالن انگلیسی (oz/UKgal) (= 6.236 02 kg/m³)

اونس بر گالن آمریکایی (oz/USgal) (= 7.489 15 kg/m³)

ضریبهای تبدیل این واحدها، در جدول ۲۰ داده شده است. به بخش ۱۹ "چگالی" هم مراجعه شود.

۲۱. حجم ویژه ($\frac{\text{حجم}}{\text{جرم}}$)

۲۱ – ۱. واحد حجم ویژه (معکوس چگالی) در دستگاه SI، مترمکعب بر کیلوگرم (m^3/kg) است که یک واحد مشتق شده می‌باشد.

۲۱ – ۲. واحد متریک دیگری که برای حجم ویژه معمول است، به قرار زیر است:

لیتر* بر کیلوگرم (l/kg) = 0.001 m^3/kg

۲۱ – ۳. پاره‌ای از واحدهای انگلیسی حجم ویژه در زیر بیان شده است:

فوت مکعب بر پاوند (ft³/lb) (= 0.062 428 0 m³/kg)

اینچ مکعب بر پاوند (in³/lb) (= 3.612 73 × 10^{-5} m³/kg)

فوت مکعب بر تن انگلیسی (ft³/UKton) (= 2.786 96 × 10^{-5} m³/kg)

گالن انگلیسی بر پاوند (UKgal/lb) (= 0.010 022 4 m³/kg)

ضریبهای تبدیل واحدهای بالا، در جدول ۲۱ داده شده است.

۲۲. مقدار جرمی جریان ($\frac{\text{جرم}}{\text{زمان}}$)

۲۲ – ۱. واحد مقدار جرمی جریان در دستگاه SI، کیلوگرم بر ثانیه (kg / s) است که یک واحد مشتق شده می‌باشد.

۲۲ – ۲. واحد متریک دیگری که برای این منظور به کار می‌رود، کیلوگرم بر ساعت (kg / h) است.

1 kg/h = 2.777 78 × 10^{-4} kg/s

۲۲ – ۳. پاره‌ای از واحدهای انگلیسی در این مورد، به قرار زیر است:

پاوند بر ثانیه (lb/s) (= 0.453 592 kg/s)

پاوند بر ساعت (lb/h) (= 1.259 98 × 10^{-4} kg/s)

تن انگلیسی بر ساعت (UKton/h) (= 0.282 235 kg/s)

ضریبهای تبدیل واحدهای بالا، در جدول ۲۲ داده شده است.

---

* یک لیتر (۱۹۰۱) بر کیلوگرم = 1.000028 × 10^{-3} m^3/kg

omoorepeyman.ir

جدول ۲۱ . حجم ویژه

	مترمکعب بر کیلوگرم m^3/kg	لیتر* بر کیلوگرم l/kg	فوت مکعب بر پاوند ft^3/lb	اینچ مکعب بر پاوند in^3/lb	فوت مکعب بر تن انگلیسی ft^3/ton	گالن انگلیسی بر پاوند UK gal/lb
1 cubic metre per kilogram = یک مترمکعب بر کیلوگرم m^3/kg	1	1000	16.0185	27 679.9	35 881.4	99.7763
1 litre* per kilogram = یک لیتر* بر کیلوگرم l/kg	0.001	1	0.016 018 5	27.6799	35.8814	0.099 776 3
1 cubic foot per pound = یک فوت مکعب بر پاوند ft^3/lb	0.062 428 0	62.428 0	1	1728	2240	6.228 83
1 cubic inch per pound = یک اینچ مکعب برپاوند in^3/lb	$3.612\ 73\times10^{-5}$	0.036 127 3	$5.787\ 04\times10^{-4}$	1	1.296 30	$3.604\ 65\times10^{-3}$
1 cubic foot per UK ton = یک فوت مکعب بر تن انگلیسی ft^3/ton	$2.786\ 96\times10^{-5}$	0.027 869 5	$4.464\ 29\times10^{-4}$	0.771 429	1	$2.780\ 73\times10^{-3}$
1 UK gallon per pound = یک گالن انگلیسی بر پاوند UKgal/lb	0.010 022 4	10.0224	0.160 544	277.420	359.618	1

* یک لیتر (۱۹۰۱) = 1.000028 لیتر. به بند ۴ ـ ۳ "لیتر" مراجعه شود .

omoorepeyman.ir

جدول ۲۲. مقدار جرمی جریان

	کیلوگرم بر ثانیه kg/s	کیلوگرم بر ساعت kg/h	پوندبرثانیه lb/s	پوندبرساعت lb/h	تن انگلیسی برساعت UKton/h
1 kilogram per second = یک کیلوگرم بر ثانیه kg/s	1	3600	2.204 62	7936.64	3.543 14
1 kilogram per hour = یک کیلوگرم بر ساعت kg/h	$2.777\ 78 \times 10^{-4}$	1	$6.123\ 95 \times 10^{-4}$	2.204 62	$9.842\ 07 \times 10^{-4}$
1 pound per second = یک پاوند بر ثانیه lb/s	0.453 592	1632.93	1	3600	1.607 14
1 pound per hour = یک پاوند بر ساعت lb/h	$1.259\ 98 \times 10^{-4}$	0.453 592	$2.777\ 78 \times 10^{-4}$	1	$4.464\ 29 \times 10^{-4}$
1 UK ton per hour = یکتن انگلیسی برساعت UKton/h	0.282 235	1016 .05	0.622 222	2240	1

۲۳. مقدار حجمی جریان *(حجم / زمان)

۲۳ ــ ۱. واحد مقدار حجمی جریان در دستگاه SI، مترمکعب بر ثانیه** (m^3/s) است که یک واحد مشتق شده می‌باشد.

۲۳ ــ ۲. واحدهای متریک دیگری که در این مورد معمول است، به قرار زیر است:

مترمکعب بر ساعت (m³/h)	(= $2.777\ 78 \times 10^{-4}$ m³/s)
لیتر بر ثانیه (l/s)	(= 0.001 m³/s)
لیتر بر دقیقه (l/min)	(= $1.666\ 67 \times 10^{-5}$ m³/s)
لیتر بر ساعت (l/h)	(= $2.777\ 78 \times 10^{-7}$ m³/s)

۲۳ ــ ۳. پاره‌ای از واحدهای انگلیسی که برای این منظور به کار می‌رود، به قرار زیر است:

فوت مکعب بر ثانیه (ft³/s) ***	(= 0.028 316 8 m³/s)
فوت مکعب بر ساعت (ft³/h)	(= $7.865\ 79 \times 10^{-6}$ m³/s)
گالن انگلیسی برثانیه (UKgal/s)	(= $4.546\ 09 \times 10^{-3}$ m³/s)

* برای گازها ضریبهای تبدیلی که در اینجا داده شده است با در نظر گرفتن شرایط ثابت و غیر قابل تغییر درجه حرارت، فشار و رطوبت می‌باشد.

** گاهی متر مکعب بر ثانیه، تحت عنوان "cumec" شناخته می‌شود.

*** گاهی فوت مکعب بر ثانیه، تحت عنوان "cusec" شناخته می‌شود.

omoorepeyman.ir

جدول ۲۳ . مقدار حجمی جریان

	متر مکعب بر ثانیه m^3/s	مترمکعب بر ساعت m^3/h	لیتر* بر ثانیه l/s	لیتر* بر دقیقه l/min	لیتر* بر ساعت l/h	فوت مکعب بر ثانیه ft^3/s	فوت مکعب بر ساعت ft^3/h	گالن انگلیسی بر ثانیه UKgal/s	گالن انگلیسی بر دقیقه UKgal/min	گالن انگلیسی بر ساعت UKgal/h
1 cubic metre per second = یک متر مکعب بر ثانیه m^3/s	1	3600	1000	60 000	3.6×10^6	35.3147	127 133	219.969	13 198.1	791 889
1 cubic metre per hour = یک مترمکعب بر ساعت m^3/h	$2.777\ 78 \times 10^{-4}$	1	$2.777\ 78 \times 10^{-1}$	16.6667	1000	$9.809\ 63 \times 10^{-3}$	35.3147	0.061 102 5	3.666 15	219.969
1 litre* per second = یک لیتر* بر ثانیه l/s	0.001	3.6	1	60	3600	0.035 314 7	127.133	0.219 969	13.1981	791.889
1 litre* per minute = یک لیتر* بر دقیقه l/min	$1.666\ 67 \times 10^{-5}$	0.06	0.016 667	1	60	$5.885\ 78 \times 10^{-4}$	2.118 88	$3.666\ 15 \times 10^{-3}$	0.219 969	13.1981
1 litre* per hour = یک لیتر* بر ساعت l/h	$0.277\ 778 \times 10^{-6}$	0.001	$0.277\ 778 \times 10^{-3}$	0.016 666 7	1	$9.809\ 63 \times 10^{-6}$	0.035 314 7	$6.110\ 25 \times 10^{-5}$	$3.666\ 15 \times 10^{-3}$	0.219 969
1 cubic foot per second = یک فوت مکعب بر ثانیه ft^3/s	0.028 316 8	101.941	28.3168	1699.01	101 941	1	3600	6.228 83	373.730	$2.242\ 38 \times 10^4$
1 cubic foot per hour = یک فوت مکعب بر ساعت ft^3/h	$7.865\ 79 \times 10^{-6}$	0.028 316 8	$7.865\ 79 \times 10^{-3}$	0.471 947	28.3168	$0.277\ 778 \times 10^{-3}$	1	$1.730\ 23 \times 10^{-3}$	0.103 814	6.228 83
1 UK gallon per second = یک گالن انگلیسی بر ثانیه UKgal/s	$4.546\ 09 \times 10^{-3}$	16.3659	4.546 09	272.766	16 365.9	0.160 544	577.957	1	60	3600
1 UK gallon per minute = یک گالن انگلیسی بر دقیقه UKgal/min	$7.576\ 82 \times 10^{-5}$	0.272 766	$7.576\ 82 \times 10^{-2}$	4.546 09	272.766	$2.675\ 73 \times 10^{-3}$	9.632 62	0.016 666 7	1	60
1 UK gallon per hour = یک گالن انگلیسی بر ساعت UKgal/h	$1.262\ 80 \times 10^{-6}$	$4.546\ 09 \times 10^{-3}$	$1.262\ 80 \times 10^{-3}$	0.075 768 2	4.546 09	$4.459\ 55 \times 10^{-5}$	0.160 544	$0.277\ 778 \times 10^{-3}$	0.016 666 7	1

* لیتری که در اینجا به کار می‌رود ، برابر یک دسیمتر مکعب است .

یک لیتر (۱۹۰۱) = $1.000028\ dm^3$ به بند ۴ ــ ۳ مراجعه شود .

توضیح ــ ضریبهای تبدیلی که برای گازها در اینجا داده شده با در نظر گرفتن شرایط ثابت و غیرقابل تغییر درجه حرارت ، فشار و رطوبت است .

omoorepeyman.ir

گالن انگلیسی بر دقیقه (UKgal/min) (= 7.576 82 × 10^{-5} m^3/s)

گالن انگلیسی برساعت (UKgal/h) (= 1.262 80 × 10^{-6} m^3/s)

ضریبهای تبدیل واحدهای بالا ، در جدول ۲۳ داده شده است .

۲۴ . ضریبهای ترافیک

(رابطه بین سوخت مصرفی ، فاصله و باری که حمل می‌شود)

باید متذکر شد که در کشورهای اروپایی سوخت مصرفی معمولا" با اصطلاح لیتر بر کیلومتر یا بر ۱۰۰ کیلومتر بیان می‌شود . برای مثال حجم سوخت بر فاصله طی شده (به جدول ۲۴ ــ ۱ مراجعه شود) . در انگلستان عکس این ضریب یعنی فاصله بر حجم ، با اصطلاح مایل بر گالن به کار می‌رود . (به جدول ۲۴ ــ ۲ مراجعه شود) . شکل (۱) رابطه بین لیتر بر ۱۰۰ کیلومتر و مایل بر گالن را (بین دو حد ۱۰ مایل‌تا ۱۰۰ مایل بر گالن) نشان می‌دهد .

جدول ۲۴ ــ ۱ . مصرف سوخت ($\frac{\text{حجم}}{\text{فاصله}}$)

	یک لیتر بر کیلومتر * 1/km	گالن انگلیسی بر مایل UKgal/mile	گالن امریکایی بر مایل USgal/mile
1 litre per kilometre* = یکلیتر برکیلومتر* l/km	**1**	0.354 006	0.425 144
1 UK gallon per mile = یکگالن انگلیسی بر مایل UKgal/mile	2.824 81	**1**	1.200 95
1 US gallon per mile = یک گالن امریکایی بر مایل USgal/mile	2.352 15	0.832 674	**1**

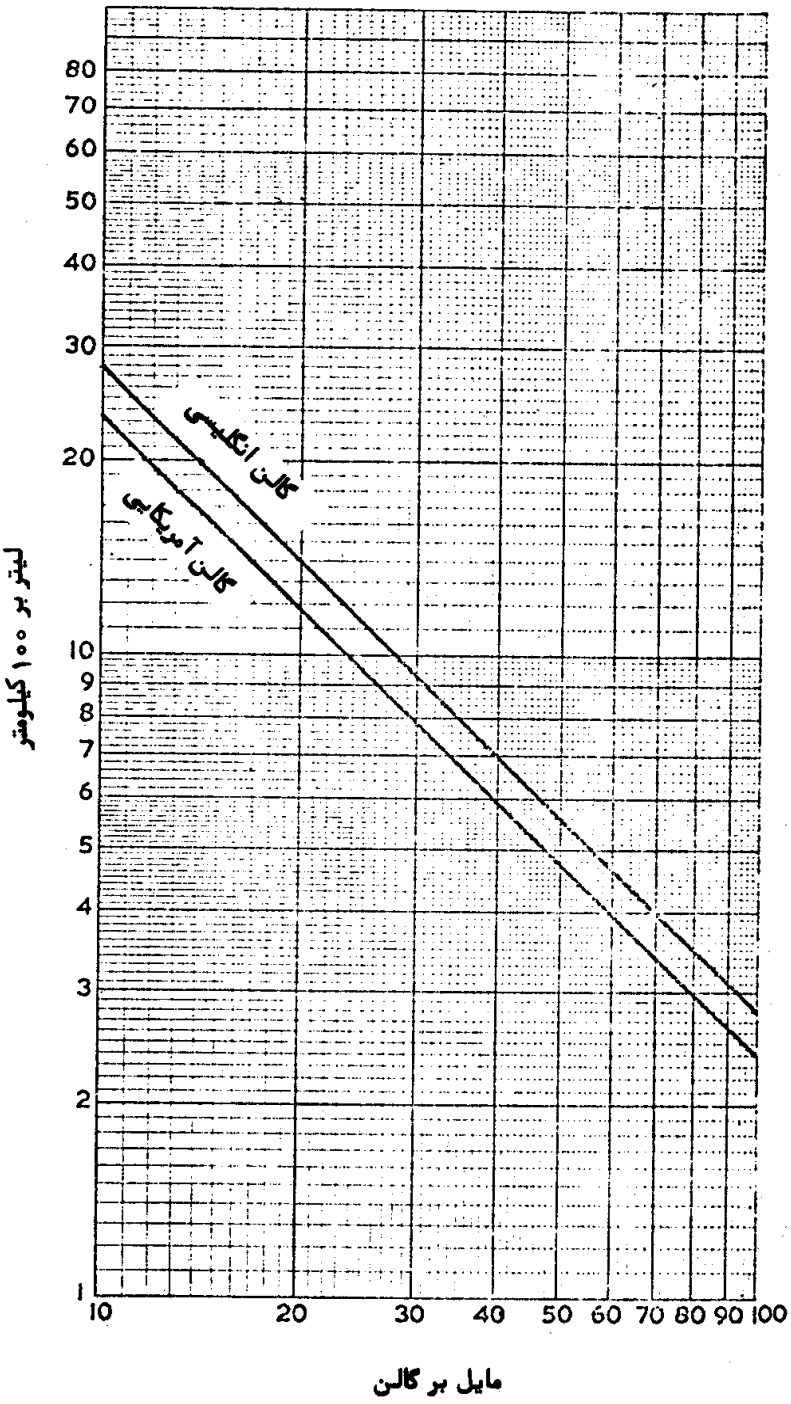
* در بیشتر ممالک اروپایی ضریب " لیتر بر ۱۰۰ کیلو متر" به کار می‌رود .

جدول ۲۴ ــ ۲ . مصرف سوخت ($\frac{\text{فاصله}}{\text{حجم}}$)

	کیلومتر بر لیتر km/l	مایل بر گالن انگلیسی mile/UKgal	مایل بر گالن امریکایی mile/USgal
1 kilometre per litre = یک کیلومتر بر لیتر km/l	**1**	2.824 81	2.352 15
1 mile per UK gallon = یک مایل بر گالن انگلیسی mile/UKgal	0.354 006	**1**	0.832 674
1 mile per US gallon = یکمایل بر گالن امریکایی mile/USgal	0.425 144	1.200 95	**1**

omoorepeyman.ir

نمودار ۱ . مصرف سوخت



omoorepeyman.ir

بار حمل شده × فاصله

تن مایل 0.611558= یک تن کیلومتر

تن کیلومتر 1.63517= یک تن انگلیسی مایل

$$\frac{\text{بار حمل شده} \times \text{فاصله}}{\text{حجم}}$$

تن انگلیسی مایل بر گالن انگلیسی 2.78020 = یک تن کیلومتر بر لیتر

تن کیلومتر بر لیتر 0.359687 = یک تن انگلیسی مایل بر گالن انگلیسی

۲۵. ممان اینرسی (جرم × مربع طول)

۲۵ – ۱. واحد ممان اینرسی در دستگاه SI، کیلوگرم متر مربع (kgm^2) است که یک واحد مشتق شده می‌باشد.

۲۵ – ۲. واحدهای متریک دیگر برای ممان اینرسی به قرار زیر است:

کیلوگرم میلیمتر مربع (1 kg mm² = 10^{-6} kg m²)

گرم سانتیمتر مربع (1 g cm² = 10^{-7} kg m²)

۲۵ – ۳. پاره‌ای از واحدهای انگلیسی در این مورد، به قرار زیر است:

پاوند فوت مربع (lb ft²) (= 0.042 140 1 kg m²)

پاوند اینچ مربع (lb in²) (= 2.926 40 × 10^{-4} kg m²)

اونس (وزنه معمولی) اینچ مربع (oz in²) (= 1.829 00 × 10^{-5} kg m²)

ضریبهای تبدیل واحدهای بالا، در جدول ۲۵ داده شده است.

جدول ۲۵. ممان اینرسی

	کیلوگرم مترمربع kg m²	پاوند فوت مربع lb ft²	پاوند اینچ مربع lb in²	اونس اینچ مربع oz in²
1 kilogram metre squared = kg m² یک کیلوگرم مترمربع	1	23.7304	3417.17	54 674.8
1 pound foot squared = lb ft² یک پاوند فوت مربع	0.042 140 1	1	144	2304
1 pound inch squared = lb in² یک پاوند اینچ مربع	2.926 40 × 10^{-4}	6.944 44 × 10^{-3}	1	16
1 ounce inch squared = oz in² یک اونس اینچ مربع	1.829 00 × 10^{-5}	4.340 28 × 10^{-4}	0.0625	1

توضیح – 10^7 gcm^2 = 10^6 $kgmm^2$ = $1kgm^2$

omoorepeyman.ir

۲۶. ممان خطی (جرم × سرعت)

واحد ممان خطی در دستگاه SI ، کیلوگرم متر بر ثانیه است

پاره‌ای از ضریبهای تبدیل ممان خطی ، به قرار زیر است :

$$1\ \text{kg m/s} = 7.233\ 01\ \text{lb ft/s}$$
$$1\ \text{lb ft/s} = 0.138\ 255\ \text{kg m/s}$$
$$(1\ \text{kg m/s} = 10^5\ \text{g cm/s})$$

۲۷. ممان زاویه‌ای (جرم × سرعت × طول)

واحد ممان زاویه‌ای در دستگاه SI ، کیلوگرم متر مربع بر ثانیه است .

پاره‌ای از ضریبهای تبدیل ممان زاویه‌ای ، به قرار زیر است :

$$1\ \text{kg m}^2\text{/s} = 23.7304\ \text{lb ft}^2\text{/s}$$
$$1\ \text{lb ft}^2\text{/s} = 0.042\ 140\ 1\ \text{kg m}^2\text{/s}$$

۲۸. نیرو (جرم × شتاب)

۲۸ ــ ۱. واحد اساسی نیرو در دستگاه SI، نیوتن (N) است که یک واحد مشتق شده با اسم مخصوص است .

نیوتن با واحدهای اصلی SI برابر کیلوگرم متر بر مجذور ثانیه (kgm/s^2) است و آن نیرویی است که اگر بر جسمی به جرم یک کیلوگرم وارد شود ، شتاب یک متر بر مجذور ثانیه به آن جسم بدهد .

۲۸ ــ ۲. دیگر واحدهای متریکی دارای اهمیت سنتی یا عملی ، به قرار زیر است :

دین dyn ، واحد نیرو در دستگاه سانتیمتر ــ گرم ــ ثانیه

استن Sn ، واحد نیرو در دستگاه متر ــ تن ــ ثانیه

و کیلوگرم ــ نیرو kgf که اغلب به عنوان واحد عملی نیرو بیان می‌شود . در آلمان و بعضی ممالک اروپایی ، کیلوگرم ــ نیرو به نام کیلوپن kp خوانده می‌شود .

$$1\ \text{dyn} = 1\ \text{g cm/s}^2 \quad (= 10^{-5}\ \text{N})$$
$$1\ \text{sn} = 1\ \text{t m/s}^2 \quad (= 10^3\ \text{N})$$

کیلوگرم نیرو (یا کیلوپن) نیرویی است که اگر به جسمی با جرم یک کیلوگرم وارد شود به آن جسم شتاب استانداردی* برابر شتاب ثقل بدهد .

بدین ترتیب :

$$1\ \text{kgf} = 9.806\ 65\ \text{kg m/s}^2 \quad (= 9.806\ 65\ \text{N})$$

۲۸ ــ ۳. در دستگاه فوت ــ پاوند ــ ثانیه ، واحد نیرو پاندال (pdl) می‌باشد

$$1\ \text{pdl} = 1\ \text{lb ft/s}^2$$
$$= 0.453\ 592\ 37 \times 0.3048\ \text{kg m/s}^2$$
$$(= 0.138\ 255\ \text{N})\ (\text{"تقریبا"})$$

---

* به بند ۱۳ ــ ۴ مراجعه شود .

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۱. عدد	۷
۲. طول	۸
۳. سطح (= مربع طول)	۱۱
۴. حجم و گنجایش (= مکعب طول)	۱۳
۵. مدول مقاطع ، ممان اول سطح	۲۱
۶. ممان دوم سطح یا ممان هندسی اینرسی	۲۱
۷. زاویهٔ سطح	۲۱
۸. زاویهٔ فضایی	۲۳
۹. زمان	۲۳
۱۰. سرعت خطی (سرعت) $(\frac{\text{طول}}{\text{زمان}})$	۲۴
۱۱. سرعت زاویه‌ای $(\frac{\text{زاویه}}{\text{زمان}})$	۲۵
۱۲. فرکانس $(\frac{\text{عدد}}{\text{زمان}})$	۲۶
۱۳. شتاب $(\frac{\text{طول}}{\text{مربع زمان}})$	۲۷
۱۴. جرم	۲۸
۱۵. جرم بر واحد طول (یا چگالی خطی) $(\frac{\text{جرم}}{\text{طول}})$	۳۲
۱۶. جرم بر واحد سطح $(\frac{\text{جرم}}{\text{مربع طول}})$ (مورد کاربرد در ورقهای فلزی ، روکش کاری و کشاورزی)	۳۴
۱۷. سطح ویژه یا سطح بر واحد جرم (مورد کاربرد در ورقهای فلزکاری ،روکش کاری و کشاورزی)	۳۴
۱۸. سطح بر واحد گنجایش	۳۷
۱۹. چگالی	۳۸

omoorepeyman.ir

جدول ۲۸ . نیـــرو

	نیوتن N	کیلوگرم ــ نیرو kgf	یک پاندال pdl	پاوند ــ نیـرو lbf	تن انگلیسی ــ نیرو tonf	اونس ــ نیرو ozf
1 newton = یک نیوتن N	1	0.101 972	7.233 01	0.224 809	$1.003\ 61 \times 10^{-4}$	3.596 94
1 kilogram-force = یک کیلوگرم ــ نیرو kgf	**9.806 65**	1	70.931 6	2.204 62	$9.842\ 07 \times 10^{-4}$	35.2740
1 poundal = یک پاندال pdl	0.138 255	0.014 098 1	1	0.031 081 0	$1.387\ 54 \times 10^{-5}$	0.497 295
1 pound-force = یک پاوند ــ نیرو lbf	4.448 22	0.453 592	32.1740	1	$4.464\ 29 \times 10^{-4}$	**16**
1 UK ton-force = یک تن انگلیسی ــ نیرو tonf	9964.02	1016.05	72 069.9	**2240**	1	**35 840**
1 ounce-force = یک اونس ــ نیرو ozf	0.278 014	0.028 349 5	2.010 88	**0.062 5**	$2.790\ 18 \times 10^{-5}$	1

توضیح ــ یک دین = 10^{-5} N
یک استن = 10^{3} N
به بند ۲۸ــ۲ مراجعه شود .

یک kip (نقط در آمریکا) = 1000lbf
یک تن آمریکایی ــ نیرو = 2000lbf
به بند ۲۸ــ۳ مراجعه شود .

omoorepeyman.ir

واحد عملی نیرو که در انگلستان و آمریکا معمولا" به کار می‌رود ، پاوند ــ نیرو lbf می‌باشدو آن نیرویی است که اگر به جسمی به جرم یک پاوند وارد شود ، به‌آن جسم شتاب استانداردی* برابر شتاب ثقل بدهد .
بدین ترتیب :

$$1\ \text{lbf} = \frac{9.806\ 65}{0.3048}\ \text{lb ft/s}^2$$
$$= 32.1740\ \text{pdl}\ (\text{تقریبا})$$
$$(= 4.448\ 22\ \text{N})^{**}$$

دیگرواحدهای نیرو که با پاوند ــ نیرو ارتباط دارند ، اونس ــ نیروf oz و تن انگلیسی نیروtonf و تن آمریکایی ــ نیرو هستند . در آمریکا واحد دیگری که اغلب برای نیــرو به کار می‌رود ، kip می‌باشد که برابر هزار lbf است .

1 ozf	$= \frac{1}{16}$ lbf	(= 0.278 014 N)
1 tonf	= 2240 lbf	(= 9964.02 N)
1 US ton-force	= 2000 lbf	(= 8896.44 N)
1 kip (فقط در آمریکا)	= 1000 lbf	(= 4448.22 N)

۲۸ ــ ۴. کیلوگرم ــ نیروf kg و پاوند ــ نیروf lb و واحدهای وابسته به‌آنها ، دقیقا" برحسب شتاب استاندارد مربوط به ثقل تعریف شده‌اند . نظر به اینکه شتاب ثقل محلی ، معمولا" اندکی با شتاب استاندارد تفاوت دارد ، نتیجتا" نیروهای وارده از طرف ثقل هم بــر روی اجسامی که‌جرم یک کیلوگرم و یا یک‌پوند را دارند به ندرت دقیقا" برابر یک کیلو گرم ــ نیرو یا یک پاوند ــ نیرو می‌باشد . اگر دقت خیلی زیاد مورد نظر باشد ، این مقدار اختلاف باید حساب شود . به بخش ۲۹ "وزن" هم مراجعه شود .

ضریبهای تبدیل واحدهای بالا در جدول ۲۸ داده شده است .

۲۹. وزن

۲۹ ــ ۱. اصطلاح وزن معمولا" برای بیان‌جرم یا نیرو به کار می‌رود . مقادیر وزن ، بسته به مــورد کاربرد در قسمت واحدهای جرم یا واحدهای نیرو در جدولهای مربوط به‌آنها داده شده است . برای تبدیل واحدهای وزن هنگامی که مفهوم جرم‌داشته باشد ، به جدولهای ۱۴ ــ ۱ و ۱۴ ــ ۲ و ۱۴ ــ ۳ ، و چنانچه مفهوم نیرو داشته باشد ، به جدول ۲۸ مراجعه شود .

۲۹ ــ ۲. رابطه بین نیروی ثقل و جرم ــ نیروی ثقل (برای مثال اگر به نیوتن بیان شده است) برابر است با جرم (به کیلوگرم) ضرب‌در شتاب ثقل محلی (برحسب متربر مجذور ثانیه) برای اکثر موارد عملی از مقدار اختلاف در شتاب ثقل محلی صرف‌نظر می‌شود و مقدار

---

* به بند ۱۳ ــ ۴ مراجعه شود .

** عدد دقیق‌تر ، حاصل ضرب 0.45359237×9.80665 N می‌باشد .

omoorepeyman.ir

استاندارد برابر $9.80665 m/s^2$ که معمولا" $9.81 m/s^2$ روند می‌شود محاسبه می‌گردد. رقم $9.80665 m/s^2$ برای بیان واحد عملی نیرو (کیلوگرم ــ نیرو و پاوند ــ نیرو) به کار می‌رود.

۲۹ ــ ۳. تبدیل دقیق وزن ــ برای تبدیل وزن از یک سیستم واحد به سیستم دیگر براساس جرم به جرم، یا براساس نیرو به نیرو، با استفاده ازجدولهای ۱۴ و ۲۸ به ترتیب انجام می‌شود. چنانچه بخواهیم رابطه صحیح بین یک جرم و نیروی ثقل وابسته به آن را به دست آوریم، باید مقدار دقیق شتاب ثقل محلی را در محاسبات منظور نماییم.

۳۰. ممان نیرو یا ترک (نیرو× طول)

۳۰ ــ ۱. واحد ممان نیرو در دستگاه SI، نیوتن متر (Nm) است که یک واحد مشتق شده می‌باشد. به توضیحی که برای واحد انرژی (در پانوشت آن) داده شده است، مراجعه شود.

۳۰ ــ ۲. واحد متریک دیگری که برای ترک در اغلب ممالک اروپایی معمول است، کیلوگرم ــ نیرو متر (kgf, m) است.

$$1 \text{ kgf m} = 9.806\,65 \text{ N m}$$

این واحد در آلمان، کیلوپن متر (kpm) نامیده می‌شود.

۳۰ ــ ۳. پاره‌ای از واحدهای انگلیسی در ممان نیرو، به قرار زیر است:

پاندال فوت	(pdl ft)	(= 0.042 140 1 N m)
پاوند ــ نیرو فوت	(lbf ft)	(= 1.355 82 N m)
پاوند ــ نیرو اینچ	(lbf in)	(= 0.112 985 N m)
تن انگلیسی ــ نیرو فوت	(tonf ft)	(= 3037.03 N m)
اونس ــ نیرو اینچ	(ozf in)	(= $7.061\,55 \times 10^{-3}$ N m)

توضیح: حاصل ضرب نیوتن × متر (Nm) در دستگاه SI، تحت عنوان کار انجام شده یا انرژی ژول (J) نامیده می‌شود. با وجودی که ترک و انرژی دارای مقادیر فیزیکی متفاوتی هستند، با وجود این، هر دو دارای دیمانسیون مشترک نیرو × طول می‌باشند. ولی در مورد ترک جهت نیروی وارده بر اجزای طول عمود است، در صورتی که در مورد انرژی هر دو در امتداد یک خط می‌باشند. در سیستم انگلیسی، طبق قرارداد تفاوت بین واحدهای ترک و واحدهای انرژی از طریق جا به جا کردن اجزای واحد انجام می‌گیرد. بدین معنی که مثلا" فوت پوند ــ نیرو (ft lb f) واحد انرژی بوده و پاوند ــ نیرو فوت (lb f ft) واحد ترک است. چنین قرارداد مشابهی برای سیستم متریک وجودندارد. ممان یا ترک در سیستم متریک باید همان‌طور که در بندهای ۳۰ ــ ۱ و ۳۰ ــ ۲ شرح داده شده، بیان شوند.

برای ضریبهای تبدیل واحدهای بالا، به جدول ۳۰ مراجعه شود.

omoorepeyman.ir

عنوان	صفحه
۲۰. غلظت ($\frac{\text{جرم}}{\text{حجم}}$)	۳۸
۲۱. حجم ویژه ($\frac{\text{حجم}}{\text{جرم}}$)	۴۱
۲۲. مقدار جرمی جریان ($\frac{\text{جرم}}{\text{زمان}}$)	۴۱
۲۳. مقدار حجمی جریان ($\frac{\text{حجم}}{\text{زمان}}$)	۴۳
۲۴. مصرف سوخت ($\frac{\text{حجم}}{\text{فاصله}}$)	۴۵
۲۵. ممان اینرسی (جرم × مربع طول)	۴۷
۲۶. ممان خطی (جرم × سرعت)	۴۸
۲۷. ممان زاویه‌ای (جرم × سرعت × طول)	۴۸
۲۸. نیرو (جرم × شتاب)	۴۸
۲۹. وزن	۵۰
۳۰. ممان نیرو یا ترک (نیرو × طول)	۵۱
۳۱. نیرو بر واحد طول ($\frac{\text{نیرو}}{\text{طول}}$)	۵۳
۳۲. فشار ($\frac{\text{نیرو}}{\text{سطح}}$)	۵۳
۳۳. تنش ($\frac{\text{نیرو}}{\text{سطح}}$)	۵۹
۳۴. چسبندگی دینامیکی ($\frac{\text{تنش}}{\text{گرادیان سرعت}}$)	۶۰
۳۵. چسبندگی سینماتیک ($\frac{\text{مربع طول}}{\text{زمان}}$)	۶۲
۳۶. انرژی (کار، حرارت و غیره)	۶۲
۳۷. توان ($\frac{\text{انرژی}}{\text{زمان}}$)	۶۸
۳۸. درجه حرارت و اختلاف درجه حرارت	۷۰
۳۹. انرژی ویژه ($\frac{\text{انرژی یا حرارت}}{\text{جرم}}$)	۷۱
۴۰. ظرفیت حرارتی برمبنای حجم ($\frac{\text{حرارت}}{\text{حجم}}$)	۷۳
۴۱. ظرفیت حرارتی ویژه $\frac{\text{حرارت}}{\text{(اختلاف درجه حه‌حرارت × جرم)}}$	۷۷

omoorepeyman.ir

عنوان	صفحه
۴۲. آنتروپی ویژه $\frac{\text{حرارت}}{(\text{درجه‌حرارت‌ترمودینامیکی} \times \text{جرم})}$	۷۷
۴۳. ظرفیت حرارتی، براساس حجم $\frac{\text{حرارت}}{(\text{اختلاف درجه حرارت} \times \text{حجم})}$	۷۷
۴۴. چگالی جریان حرارتی $(\frac{\text{حرارت}}{\text{زمان} \times \text{سطح}})$	۸۰
۴۵. هدایت حرارتی (ضریب عبور حرارت) $\frac{\text{توان}}{\text{اختلاف درجه حرارت} \times \text{سطح}}$ یا $(\frac{\text{حرارت}}{\text{اختلاف‌درجه‌حرارت} \times \text{زمان} \times \text{سطح}})$	۸۱
۴۶. قابلیت هدایت حرارتی (اختلاف درجه حرارت × زمان × سطح)	۸۲
۴۷. قابلیت متفاوت حرارتی $(\frac{\text{اختلاف درجه‌حرارت} \times \text{زمان} \times \text{سطح}}{\text{طول} \times \text{حرارت}})$	۸۳
۴۸. میزان پخش حرارتی (مورد کاربرد در کوره‌ها) $(\frac{\text{توان}}{\text{حجم}})$ یا $(\frac{\text{حرارت}}{\text{زمان} \times \text{حجم}})$	۸۴
۴۹. انتشار حرارت $(\frac{\text{سطح}}{\text{زمان}})$	۸۴

omoorepeyman.ir

۱. عدد

۱ – ۱. پیشوندهایی را که در جدولهای زیر می‌بینید، برای تعیین اضعاف و اجزای دهدهی واحدهای متریک به کار می‌رود.

این پیشوندها ضمیمه واحدهای سیستم متریک به کار می‌رود و در حال حاضر به عنوان ضریبهای سیستم بین المللی* (SI) مجاز می‌باشد.

جدولهای ۱ – ۱ و ۱ – ۲ پیشوندهای اضعاف و اجزای دهدهی را مشخص می‌نماید.

جدول ۱ – ۱. اضعاف دهدهی

اضعاف	پیشوند	علامت اختصاری
$\times ۱۰^{۱۲}$	ترا	T
$\times ۱۰^{۹}$	ژیگا	G
$\times ۱۰^{۶}$	مگا	M
$\times ۱۰^{۳}$	کیلو	K
$\times ۱۰^{۲}$	هکتو	h
$\times ۱۰$	دکا	da

جدول ۱ – ۲. اجزای دهدهی

اجزاء	پیشوند	علامت اختصاری
$\times ۱۰^{-۱}$	دسی	d
$\times ۱۰^{-۲}$	سانتی	c
$\times ۱۰^{-۳}$	میلی	m
$\times ۱۰^{-۶}$	میکرو	μ
$\times ۱۰^{-۹}$	نانو	n
$\times ۱۰^{-۱۲}$	پیکو	p
$\times ۱۰^{-۱۵}$	فمتو	f
$\times ۱۰^{-۱۸}$	آتو	a

* International System of units

omoorepeyman.ir

۱ ــ ۲ . در مورد معانی بیلیون ونظایر آن ،تبدیلها بر طبق تصمیم نهمین کنفرانس عمومی وزنها و مقیاسها در جدول ۱ ــ ۳ نشان داده شده است و در ممالک اروپایی ــ حتی در انگلستان ــ به کار می‌رود .

جدول ۱ ــ ۳

اصطلاح	مرتبه	ضریب دهدهی معادل
میلیون	هزار × هزار	10^{6}
بیلیون	میلیون × میلیون	10^{12}
تریلیون	میلیون × بیلیون	10^{18}
کادریلیون	میلیون × تریلیون	10^{24}

در این مورد در آمریکا روش دیگری مرسوم است که میلیون نشانه هزار برابر هزار (10^{6}) ،بیلیون نشانه هزار برابر میلیون (10^{9}) ،تریلیون نشانه میلیون‌برابر میلیون (10^{12}) و کادریلیون نشانه میلیون برابر بیلیون (10^{15}) است . نظر به اختلاف موجود بین واحدهای اروپایی و آمریکایی و اشتباهی که ممکن است در مورد به کار بردن اصطلاحات بیلیون تریلیون و کادریلیون رخ دهد ، بهتر است از به کار بردن این اصطلاحات خودداری شود .

۲ . طول

۲ ــ ۱ . واحد طول در سیستم SI ، متر است (علامت m) . این واحد یکی از واحدهای اصلی سیستم SI بوده و در حال حاضر توسط تعداد معینی از طول موج یک جسم رادیواکتیو مخصوص[1] بیان می‌شود .

۲ ــ ۲ . اضعاف و اجزای متر از طریق به کار بردن پیشوندهایی که در بند ۱ ــ ۱ و جدولهای مربوط به آن داده شده ، تعیین می‌شود ؛ مانند کیلومتر (km) ، دسیمتر (dm) ، سانتیمتر (cm) ، میلیمتر (mm) و میکرومتر (µm) که نمونه‌های متداول این سیستم می‌باشد . اسم دیگری که قبلا" برای میکرومتر به‌کار می‌رفته ، میکرون است که در حال حاضر منسوخ شده است .
علامت µ که در گذشته برای میکرون به کار برده می‌شده است ، صحیح نیست و باید با علامت (µm) نشان داده شود .

۲ ــ ۳ . پاره‌ای از واحدهای طول که با سیستم متریک بستگی دارد ، به قرار زیر است :

10^{-10} m = یک آنگستروم

1852 m = یک مایل دریایی بین المللی

---

۱ . طولی مساوی ۱۶۵۰۷۶۳/۷۳ برابر طول موج در خلاء نور اتم کریپتون ۸۶ که در انتقال بین دو تراز انرژی $5d_5$ و $2p_{10}$ ایجاد می‌شود .

omoorepeyman.ir

Table 4*b*. Volume and capacity *(continued)*

Exact values are printed in bold type.

	cubic metre m^3	cubic decimetre dm^3 / litre* l	litre (1901)*	cubic inch in^3	cubic foot ft^3	UK pint† UKpt	UK gallon‡ UKgal	US liquid pint US liq pt	US gallon USgal
1 cubic metre m^3 =	**1**	**1000**	999.972	61 023.7	35.3147	1759.75	219.969	2113.38	264.172
1 cubic decimetre dm^3 / 1 litre* l =	**0.001**	**1**	0.999 972	61.023 7	0.035 314 7	1.759 75	0.219 969	2.113 38	0.264 172
1 litre (1901)* =	$1.000\,028 \times 10^{-3}$	1.000 028	**1**	61.025 5	0.035 315 7	1.759 80	0.219 975	2.113 44	0.264 179
1 cubic inch in^3 =	$1.638\,71 \times 10^{-5}$	0.016 387 1	0.016 386 6	**1**	$5.787\,04 \times 10^{-4}$	0.028 837 2	$3.604\,65 \times 10^{-3}$	0.034 632 0	$4.329\,00 \times 10^{-3}$
1 cubic foot ft^3 =	0.028 316 8	28.3168	28.3161	**1728**	**1**	49.8307	6.228 83	59.8442	7.480 52
1 UK pint† UKpt =	$0.568\,261 \times 10^{-3}$	0.568 261	0.568 246	34.6774	0.020 068 0	**1**	**0.125**	1.200 95	0.150 119
1 UK gallon‡ UKgal =	$4.546\,09 \times 10^{-3}$	4.546 09	4.545 96	277.420	0.160 544	**8**	**1**	9.607 60	1.200 95
1 US liquid pint US liq pt =	$4.731\,76 \times 10^{-4}$	0.473 176	0.473 163	**28.875**	0.016 710 1	0.832 674	0.104 084	**1**	**0.125**
1 US gallon USgal =	$3.785\,41 \times 10^{-3}$	3.785 41	3.785 31	**231**	0.133 681	6.661 39	0.832 674	**8**	**1**

* For explanation of the litre, and the litre (1901) see 4.3.
† Also called ' imperial pint '.
‡ Also called ' imperial gallon '.

omoorepeyman.ir

Table 4c. Volume and capacity *(continued)*

Exact values are printed in bold type.

	cubic centimetre cm^3 millilitre ml	millilitre (1901)	cubic inch in^3	UK minim UKmin	UK fluid drachm UK fl dr	UK fluid ounce UK fl oz	US fluid ounce US fl oz
1 cubic centimetre cm^3 1 millilitre ml =	1	0.999 972	0.061 023 7	16.8936	0.281 561	0.035 195 1	0.033 814 0
1 millilitre (1901)* =	1.000 028	1	0.061 025 5	16.8941	0.281 568	0.035 196 1	0.033 815 0
1 cubic inch = in^3	16.3871	16.3866	1	276.837	4.613 95	0.576 744	0.554 113
1 UK minim = UKmin	0.059 193 9	0.059 192 2	$3.612\ 23 \times 10^{-3}$	1	0.016 666 7	$2.083\ 33 \times 10^{-3}$	$2.001\ 58 \times 10^{-3}$
1 UK fluid drachm = UK fl dr	3.551 63	3.551 53	0.216 734	60	1	0.125	0.120 095
1 UK fluid ounce = UK fl oz	28.4131	28.4123	1.733 87	480	8	1	0.960 760
1 US fluid ounce = US fl oz	29.5735	29.5727	1.804 69	499.604	8.326 74	1.040 84	1

* For explanation of the litre, and the litre (1901) see 4.3.

NOTE. 1 $mm^3 = 10^{-3}$ $cm^3 = 1$ µl (see also 4.2).

omoorepeyman.ir

Table 4*d*. Relationship between UK (imperial) and US units of capacity

1 UK minim	= 0.960 760 US minim
1 UK fluid drachm	= 0.960 760 US fluid* dram
1 UK fluid ounce	= 0.960 760 US fluid† ounce
1 UK gill	= 1.200 95 US gill
1 UK pint	= 1.200 95 US liquid pint
1 UK quart	= 1.200 95 US liquid quart
1 UK gallon	= 1.200 95 US gallon
1 UK pint	= 1.032 06 US dry pint
1 UK quart	= 1.032 06 US dry quart
1 UK peck	= 1.032 06 US peck
1 UK bushel	= 1.032 06 US bushel
1 US minim	= 1.040 84 UK minim
1 US fluid* dram	= 1.040 84 UK fluid drachm
1 US fluid† ounce	= 1.040 84 UK fluid ounce
1 US gill	= 0.832 674 UK gill
1 US liquid pint	= 0.832 674 UK pint
1 US liquid quart	= 0.832 674 UK quart
1 US gallon	= 0.832 674 UK gallon
1 US dry pint	= 0.968 939 UK pint
1 US dry quart	= 0.968 939 UK quart
1 US peck	= 0.968 939 UK peck
1 US bushel	= 0.968 939 UK bushel

* Sometimes also known as the liquid dram in the USA.
† Sometimes also known as the liquid ounce in the USA.

5. Modulus of section, first moment of area

5.1 These quantities have the same dimensions as volume; the coherent SI unit is therefore the metre cubed (m^3).

5.2 They may also be expressed in terms of the cube of any suitable submultiple of the metre; the centimetre cubed (cm^3) and millimetre cubed (mm^3) are commonly used.

5.3 In imperial units the foot cubed (ft^3) or inch cubed (in^3) are usually used.

The relationship between the above-mentioned units can be seen or inferred from Table 4*a*.

6. Second moment of area, or geometrical moment of inertia

The coherent SI unit for this quantity is the metre to the fourth (m^4). Other commonly used units are the centimetre to the fourth (cm^4) and millimetre to the fourth (mm^4) and, in imperial units, the foot to the fourth (ft^4) and inch to the fourth (in^4). See Table 6 for conversion factors for these units.

Table 6. Second moment of area

Exact values are printed in bold type.

	m^4	cm^4	ft^4	in^4
1 m^4 =	**1**	1×10^8	115.862	2 402 510
1 cm^4 =	1×10^{-8}	**1**	$1.158\,62 \times 10^{-6}$	0.024 025 1
1 ft^4 =	$0.863\,097 \times 10^{-2}$	863 097	**1**	**20 736**
1 in^4 =	41.6231×10^{-8}	41.6231	$4.822\,53 \times 10^{-5}$	**1**

NOTE. 1 $mm^4 = 10^{-4}$ $cm^4 = 10^{-12}$ m^4.

omoorepeyman.ir

7. Plane angle

7.1 The coherent SI unit of plane angle is the radian (symbol rad), a supplementary* unit. It is the angle between two radii of a circle which cut off on the circumference an arc equal in length to the radius.

Thus a complete circle subtends an angle of 2π rad at its centre, and a right angle (L) equals

$$\frac{2\pi}{4}\text{ rad} = \frac{\pi}{2}\text{ rad}.$$

7.2 Angular units of such practical importance that they are retained for general use in conjunction with the SI are the traditional units degree (°), minute (′), second (″).

The full circle subtends an angle of 360 degrees (360 °) at its centre, and thus the right angle (L) = 90 degrees (90 °).

$$1\text{ degree } (1\,^\circ) = 60\text{ minutes } (60') = \frac{\pi}{180}\text{ rad}$$

$$1\text{ minute } (1') = 60\text{ seconds } (60'') = \frac{\pi}{60 \times 180}\text{ rad}$$

$$1\text{ second } (1'') = \frac{\pi}{3600 \times 180}\text{ rad}$$

It is often convenient to express sub-divisions of the degree in decimal form, rather than to use minutes and seconds.

7.3 A unit of plane angle used in some continental countries is the grade (ᵍ) or, as it is called in Germany, the gon. This is a one-hundredth of a right angle.

$$1^g\text{ (or 1 gon)} = 0.9\,^\circ = \frac{\pi}{200}\text{ rad}$$

Notes on section 7

1. Note the possibility of confusion between the hundredth part of a grade in angular measure and the term Centigrade (correctly called Celsius) in connection with temperature.
2. The unit ' mil ' is sometimes used in connection with angular measure. For some purposes the angular mil is taken to be one thousandth of a radian (10^{-3} rad), which is equivalent to 3′ 26.25″. There is, however, another concept in which an angular mil is equal to 360/6400 degrees i.e. 3′ 22.5″. For other meanings of ' mil ' see 2.6, 3.5, and 4.4.
3. In English there is no commonly used expression for the ' full angle ' subtended by a circle. In German the term ' Vollwinkel ' is used.

For interconversion factors for the units mentioned in 7.1, 7.2 and 7.3 see Table 7.

Table 7. Plane angle

Exact values are printed in bold type.

	radian rad	right angle L	degree °	minute ′	second ″	grade (or gon) ᵍ gon
1 radian rad =	**1**	0.636 620	57.2958	3437.75	206 265	63.6620
1 right angle =	1.570 80	**1**	**90**	**5400**	**324 000**	**100**
1 degree ° =	0.017 453 3	0.011 111 1	**1**	**60**	**3600**	1.111 11
1 minute ′ =	$2.908\,88 \times 10^{-4}$	$1.851\,85 \times 10^{-4}$	0.016 666 7	**1**	**60**	$1.851\,85 \times 10^{-2}$
1 second ″ =	$4.848\,14 \times 10^{-6}$	$3.086\,42 \times 10^{-6}$	$2.777\,78 \times 10^{-4}$	0.016 666 7	**1**	$3.086\,42 \times 10^{-4}$
1 grade (or gon) ᵍ gon =	0.015 708 0	**0.01**	**0.9**	**54**	**3240**	**1**

Amended July 1983

* In October 1980 the International Committee of Weights and Measures decided to interpret the class of supplementary units in the International System as a class of dimensionless derived units for which the General Conference of Weights and Measures leaves open the possibility of using these or not in expressions of derived units of the International System.

omoorepeyman.ir

8. Solid angle

The coherent SI unit of solid angle, the only unit in common use for solid angle, is the steradain (symbol sr), a supplementary* unit. It is the solid angle which, having its vertex at the centre of a sphere, cuts off an area of the surface of the sphere equal to that of a square with sides of length equal to the radius of the sphere.

A complete sphere subtends a solid angle of 4π sr at its centre.

9. Time

9.1 The SI unit of time is the second (symbol s), a base unit. It is now defined as the duration of a specified number of periods of a particular atomic radiation; for details see BS 3763.

9.2 Prior to 1967 the second was defined as a specified fraction of the time taken by the Earth to complete a particular orbit of the Sun. (This second, the ' ephemeris second ', is retained for use as a special unit in astronomy, and is as nearly equal to the SI unit as the highest precision of measurement could permit in 1967.)

9.3 Other units of time of such practical importance that they are retained for general use in conjunction with the SI are:

minute (min)	1 min	= 60 s	
hour (h)	1 h	= 60 min	= 3600 s
day (d)	1 d	= 24 h	= 86 400 s

9.4 Longer durations of time are conveniently expressed in terms of the week, month or year, but the last two of these cannot in general be explicitly related to the second (of time).

1 week = 7 d = 604 800 s

1 month = 28, 29, 30 or 31 days (according to calendar)

1 year† = 12 months = 365 or 366 days (according to calendar)= 8760 h or 8784 h (according to calendar). *Amended July 1983*

Notes on section 9

1. The only time unit commonly used in conjunction with the SI prefixes is the second; e.g. the submultiples millisecond (ms), microsecond (μs) and nanosecond (ns) which are in wide technological use.
2. The symbol ' a ' is used for year.
3. The scale of International Atomic Time (TAI), based directly on the atomic radiation defining the second, is maintained by the Bureau International de l'Heure (BIH) in Paris. Legal time in the UK, as in most countries, is based on a related scale, that of Co-ordinated Universal Time (UTC), broadcast by an international network of radio stations. UTC is defined in such a manner that it differs from TAI by a whole number of seconds. The difference UTC-TAI was set equal to − 10 s on 1 January 1972, the date of application of the reformulation of UTC (which previously involved a frequency offset). This difference can be changed in steps of 1 s, but the use of a positive or negative leap second at the end of a month of UTC, preferably in the first instance at the end of December or of June, and in the second instance at the end of March or of September, to keep UTC in agreement with the time defined by the rotation of Earth with an approximation better than 0.9 s. On 1 January 1981 the difference UTC − TAI was − 19 s. In fact, the legal times of most countries are offset from UTC by a whole number of hours (because of time zones and 'daylight saving' arrangements). *Amended July 1983*

10. Linear velocity (speed) (length/time)

10.1 The coherent SI unit of linear velocity is the metre per second (symbol m/s), a derived unit.

10.2 Multiples and submultiples of the metre per second are formed by using any of the SI prefixes in conjunction with the metre.

10.3 A metric unit often used for speed is the kilometre per hour (km/h).

1 km/h = 0.277 778 m/s

10.4 Various speed units used in the imperial system are:

foot per second	1 ft/s	= **0.3048** m/s
inch per second	1 in/s	= **0.0254** m/s
foot per minute	1 ft/min	= **0.005 08** m/s
mile per hour‡	1 mile/h	= **0.447 04** m/s

10.5 The knot, one nautical mile per hour, is a unit used for speed in nautical and aeronautical contexts.

The international knot (kn) is metric-based, being equal to one international nautical mile per hour.

1 kn = **1852** m/h = 0.514 444 m/s

The UK knot is imperial-based and obsolescent, being equal to one UK nautical mile per hour.

1 UK knot = **6080** ft/h = 0.514 773 m/s

For interconversion factors for the above units see Table 10.

* In October 1980 the International Committee of Weights and Measures decided to interpret the class of supplementary units in the International System as a class of dimensionless derived units for which the General Conference of Weights and Measures leaves open the possibility of using these or not in expressions of derived units of the International System. *Amended July 1983*

† The year referred to here is the ' calendar year '. Calendar adjustments are based on the ' tropical year ', the time interval between two consecutive passages (in the same direction) of the Sun through the Earth's equatorial plane. In 1900 the duration of the ' tropical year ' was 365.242 198 78 d and it is decreasing at the rate of 6.14×10^{-6} days per century.

‡ Traditionally indicated by the abbreviation m.p.h.

@mohrepeyman.ir

Table 10. Linear velocity

Exact values are printed in bold type.

	metre per second m/s	kilometre per hour km/h	foot per second ft/s	foot per minute ft/min	inch per second in/s	mile per hour mile/h	international knot kn	UK knot
1 metre per second = m/s	**1**	3.6	3.280 84	196.850	39.3701	2.236 94	1.943 84	1.942 60
1 kilometre per hour = km/h	0.277 778	**1**	0.911 344	54.6807	10.9361	0.621 371	0.539 957	0.539 612
1 foot per second = ft/s	**0.3048**	**1.097 28**	**1**	**60**	**12**	0.681 818	0.592 484	0.592 105
1 foot per minute = ft/min	**0.005 08**	**0.018 288**	0.016 666 7	**1**	**0.2**	**0.011 363 6**	$9.874\ 73 \times 10^{-3}$	$9.868\ 42 \times 10^{-3}$
1 inch per second = in/s	**0.0254**	**0.091 44**	0.083 333 3	**5**	**1**	0.056 818 2	$4.937\ 37 \times 10^{-2}$	$4.934\ 21 \times 10^{-2}$
1 mile per hour = mile/h	**0.447 04**	**1.609 344**	1.466 67	**88**	**17.6**	**1**	0.868 976	0.868 421
1 international knot = kn	0.514 444	**1.852**	1.687 81	101.269	20.2537	1.150 78	**1**	0.999 361
1 UK knot =	0.514 773	1.853 18	1.688 89	**101.333**	20.266 7	1.151 52	1.000 64	**1**

omoorepeyman.ir

11. Angular velocity * (angle/time)

11.1 The coherent SI unit of angular velocity is the radian per second (rad/s), a derived unit.

11.2 Other units used are:

radian per minute	(rad/min)
revolution per minute	(rev/min) or (r/min)
revolution per second	(rev/s) or (r/s)
degree per minute	(°/min)
degree per second	(°/s)

For interconversion factors for the above units see Table 11.

Table 11. Angular velocity and velocity of rotation

Exact values are printed in bold type

	radian per second rad/s	radian per minute rad/min	revolution per second rev/s	revolution per minute rev/min	degree per second °/s	degree per minute °/min
1 radian per second rad/s	**1**	**60**	0.159 155	9.549 30	57.2958	3437.75
1 radian per minute rad/min	= 0.016 666 7	**1**	0.002 652 58	0.159 155	0.954 930	57.2958
1 revolution per second rev/s	= 6.283 19	376.991	**1**	**60**	**360**	**21 600**
1 revolution per minute rev/min	= 0.104 720	6.283 19	0.016 666 7	**1**	**6**	**360**
1 degree per second °/s	= 0.017 453 3	1.047 20	0.002 777 78	0.166 667	**1**	**60**
1 degree per minute °/min	= $2.908\ 88 \times 10^{-4}$	0.017 453 3	$4.629\ 63 \times 10^{-5}$	$2.777\ 78 \times 10^{-3}$	0.016 666 7	**1**

12. Frequency (number/time)

12.1 The coherent SI unit of frequency (of a wave or periodic phenomenon) is the hertz (symbol Hz), a derived unit with a special name. Formerly in this country the hertz was called the cycle per second (c/s). Expressed in terms of base units of the SI both the hertz and the cycle per second are the inverse second i.e. $\frac{1}{s}$ (or s^{-1}).

12.2 The coherent SI unit of rotational frequency (e.g. a frequency associated with the mechanical rotation of a shaft) is also the inverse second, i.e. $\frac{1}{s}$ (or s^{-1}). It is commonly known as the revolution per second (rev/s or r/s).

12.3 Another very commonly used unit of rotational frequency is the revolution per minute (rev/min or r/min, but traditionally indicated by the abbreviation r.p.m.).

$$1 \text{ rev/min} = \frac{1}{60} \text{ rev/s}$$

$$= \text{(in SI terms)} \frac{1}{60\,s} \text{ or } \frac{1}{60} s^{-1}$$

12.4 Corresponding angular velocities are obtainable from Table 11 using 1 rev/s as corresponding to 1 Hz, $\frac{1}{s}$ or s^{-1}.

NOTE. See also the note under section 11, Angular velocity.

* The terms ' rotational velocity ', ' rotational speed ' and ' speed of rotation ' are commonly used as alternative terms for angular velocity, but are also often thought of as a frequency, particularly when being expressed in revolutions per minute, or per second. When frequency is meant, the revolution should not be identified with angle as it is so identified in Table 11 (1 revolution = 2π radians = 360 °), but should be thought of as a number, and a clearer term for expressing this concept is ' rotational frequency '. (See also section 12, Frequency.)

omoorepeyman.ir

13. Acceleration (length/time squared)

13.1 The coherent SI unit of acceleration is the metre per second squared (symbol m/s^2), a derived unit.

13.2 The centimetre per second squared (cm/s^2), a submultiple of the above, is also called the galileo or gal (symbol Gal).

1 Gal = 1 cm/s^2 = 10^{-2} m/s^2

A unit that has been commonly used in geodesy is the milligal (mGal).

1 mGal = 10^{-3} Gal = 10^{-5} m/s^2

13.3 The most-used unit in the imperial system for acceleration is the foot per second squared (ft/s^2).

1 ft/s^2 = **0.3048** m/s^2

13.4 The standard acceleration of **9.806 65** m/s^2 plays an important part in the definition of certain units in the older technical systems. When the acceleration of free fall has this value the term ' standard gravity ' is used, the associated symbol for this quantity being g_n.

The acceleration due to gravity is sometimes used as a unit of acceleration, and called ' g ', particularly in aeronautical engineering and centrifuge technology. For the sake of precision the standard value **9.806 65** m/s^2 should be taken for this unit. A close approximation in imperial units is 32.1740 ft/s^2. These are frequently rounded to 9.81 m/s^2 and 32.2 ft/s^2.

Interconversion factors for the above units can be seen or inferred from Table 13.

Table 13. Acceleration

Exact values are printed in bold type

	metre per second squared m/s^2	foot per second squared ft/s^2	standard acceleration due to gravity g_n
1 metre per second squared m/s^2 =	**1**	3.280 84	0.101 972
1 foot per second squared ft/s^2 =	**0.3048**	**1**	0.031 081 0
standard acceleration due to gravity g_n =	**9.806 65**	32.1740	**1**

NOTE. 1 Gal = 1 cm/s^2 = 10^{-2} m/s^2
1 mGal = 10^{-5} m/s^2 (see 13.2).

14. Mass

14.1 The coherent SI unit of mass is the kilogram (symbol kg), a base unit. It is defined as equal to the mass of the international prototype of the kilogram (which is in the custody of the International Bureau of Weights and Measures at Sèvres near Paris).

14.2 Because the name of the base unit of mass already contains the SI prefix ' kilo ', multiples and submultiples are formed by adding SI prefixes to the word ' gram '. Examples are megagram (Mg), gram (g), milligram (mg) and microgram (μg), as follows:

	Refer to note
1 Mg = 1000 kg	—
1 g = $\frac{1}{1000}$ kg	—
1 mg = 10^{-6} kg	—
1 μg = 10^{-9} kg	1

In practice the megagram is usually referred to by the special name ' tonne ' (symbol t), and is often called the ' metric ton ' in the UK and in the USA.

omoorepeyman.ir

14.3 Some other units of mass having associations with the metric system are:

		Refer to note
1 metric carat = 200 milligrams	= 2×10^{-4} kg	2
1 quintal (q)	= 100 kg	—
1 atomic mass unit (u)	= $1.660\ 53 \times 10^{-27}$ kg	—

14.4 The primary unit of mass in the imperial system and in the USA is the pound (lb). In the UK Weights and Measures Act, and in similar legislation in the USA, it is defined precisely and exactly as follows:

1 lb = **0.453 592 37** kg

14.5 The connection between multiples and submultiples of the pound is indicated in the following traditional lists of named UK and US units of mass.

Avoirdupois units

(a) UK *and* US units

1 pound	= 16 ounces (oz)	(1 oz = 28.3495 g)
	= 16×16 drams (dr)	(1 dr = 1.771 85 g)
	= 7000 grains (gr)	(1 gr = **0.064 798 91** g)

(b) UK units only

1 stone	= 14 pounds	(= 6.350 29 kg)
1 quarter (qr)	= 28 pounds	(= 12.7006 kg)
1 cental (ctl)	= 100 pounds	(= 45.3592 kg)
1 hundredweight (cwt)	= 112 pounds	(= 50.8023 kg)
1 ton (ton)	= 2240 pounds	(= 1016.05 kg)

(c) US units only

1 short hundredweight (sh cwt)	= 100 pounds	(= 45.3592 kg)
1 short ton (sh ton)	= 2000 pounds	(= 907.185 kg)

(In the USA the word ton refers to the ' short ton ' of 2000 lb unless otherwise specified. The terms ' long ton ' or ' gross ton ' are sometimes used, referring to the ton of 2240 lb. The hundredweight of 112 lb is often called the ' long hundredweight '. The use of the ' long ' units is decreasing in the USA.)

Apothecaries' units (used in the UK* and the USA)

1 scruple*	= 20 grains	(= 1.295 98 gram)
1 drachm* (in UK)	= 3 scruples	(= 3.887 93 gram)
1 dram (in USA)	= 3 scruples	(= 3.887 93 gram)
1 ounce* = 24 scruples (oz apoth in UK, oz ap in USA)	= 480 grains	(= 31.1035 gram)

Troy units (used in the UK and the USA)

1 ounce troy = 1 apothecaries' ounce = 480 grains (= 31.1035 gram)
(oz tr in UK, oz t in USA)

(The apothecaries' ounce* and the ounce troy are identical in mass and differ from the avoirdupois ounce. Unless otherwise qualified, the term ounce and its abbreviation oz signify the avoirdupois ounce. The pound troy has no legal basis in the UK but is legalized in the USA, where it is defined as a mass equal to 5760 grains.

1 pound troy (USA only) = 12 ounces troy = 5760 grains (= 0.373 242 kg)

The grain has the same value in the avoirdupois, troy, and apothecaries' systems, and is abbreviated to gr in the UK.)

14.6 Some more specialized UK and/or USA named units of mass are:

			Refer to note
1 assay ton (UK)	= 32.667 g		3
1 assay ton (US)	= 29.166 g		4
1 slug	= 32.1740 lb	(= 14.5939 kg)	5
1 international corn bushel	= 60 lb	(= 27.2155 kg)	6

For interconversion factors for many of the units of mass mentioned above see Tables 14*a*, 14*b* and 14*c*.

* The apothecaries' units (scruple, drachm, and apothecaries' ounce) have been illegal since 1 January 1971 for use in the United Kingdom.

omoorepeyman.ir

Notes on section 14

1. The alternative name ' gamma ' (symbol γ) is sometimes used to indicate a microgram.
2. The metric carat has international sanction for use in trade in diamonds, fine pearls, and precious stones. In the UK the legal abbreviation for this unit is CM.
3. The number of milligrams in a UK assay ton is equal to the number of ounces troy in a UK ton.
4. The number of milligrams in a US assay ton is equal to the number of ounces troy in a US (short) ton.
5. The slug is the British technical unit of mass. One pound-force acting on this mass produces an acceleration of 1 foot per second squared.
6. Used for the sale of wheat under International Wheat Agreement, 1949.

Table 14*a*. Mass

Exact values are printed in bold type.

	kilogram kg	pound lb	slug
1 kilogram kg =	**1**	2.204 62	0.068 521 8
1 pound lb =	**0.453 592 37**	**1**	0.031 081 0
1 slug =	14.5939	32.1740	**1**

omoorepeyman.ir

Table 14*b*. Mass *(continued)*

Exact values are printed in bold type.

		gram g (0.001 kg)	metric carat	grain* gr	dram (avoir) dr	drachm (apoth)	ounce (avoir) oz	ounce (troy or apoth) oz tr or oz apoth
1 gram (0.001 kg) g	=	**1**	5	15.4324	0.564 383	0.257 206	0.035 274 0	0.032 150 7
1 metric carat	=	**0.2**	1	3.086 47	0.112 877	0.051 441 2	$7.054\ 79 \times 10^{-3}$	$6.430\ 15 \times 10^{-3}$
1 grain* gr	=	0.064 798 9	0.323 995	**1**	0.036 571 4	0.016 666 7	$2.285\ 71 \times 10^{-3}$	$2.083\ 33 \times 10^{-3}$
1 dram (avoir) dr	=	1.771 85	8.859 23	**27.343 75**	**1**	0.455 729	**0.0625**	0.056 966 1
1 drachm (apoth)	=	3.887 93	19.4397	**60**	2.194 29	**1**	0.137 143	**0.125**
1 ounce (avoir) oz	=	28.3495	141.748	**437.5**	**16**	7.291 67	**1**	0.911 458
1 ounce (troy or apoth) oz tr or oz apoth	=	31.1035	155.517	**480**	17.5543	**8**	1.097 14	**1**

* The grain has the same value in the avoirdupois, troy and apothecaries' systems. The apothecaries' units (drachm and apothecaries' ounce) are no longer legal for use in the United Kingdom.

omoorepeyman.ir

Table 14*c*. Mass *(continued)*

Exact values are printed in bold type.

	tonne (1000 kg) (megagram Mg)	pound lb	UK hundredweight cwt	short hundredweight* sh cwt	UK ton ton	short ton* sh ton
1 tonne (1000 kg) (1 Mg) t =	**1**	2204.62	19.6841	22.0462	0.984 207	1.102 31
1 pound lb =	$4.535\ 92 \times 10^{-4}$	**1**	$8.928\ 57 \times 10^{-3}$	**0.01**	$4.464\ 29 \times 10^{-4}$	**0.0005**
1 hundredweight cwt =	0.050 802 3	**112**	**1**	**1.12**	**0.05**	**0.056**
1 short hundredweight* sh cwt =	0.045 359 2	**100**	0.892 857	**1**	0.044 642 9	**0.05**
1 UK ton ton =	1.016 05	**2240**	**20**	**22.4**	**1**	**1.12**
1 short ton* sh ton =	0.907 185	**2000**	17.8571	**20**	0.892 857	**1**

* US units. The short hundredweight (of 100 lb) is, in the UK, sometimes called the ' cental ' (symbol ctl).

omoorepeyman.ir

15. Mass per unit length (or linear density) (mass/length)

15.1 The coherent SI unit of mass per unit length is the kilogram per metre (symbol kg/m), a derived unit.

15.2 Two specialized units of linear density used in the textile industry and which have an association with the metric system are:

1 tex = 1 gram per kilometre = 10^{-6} kg/m
1 denier = 1 gram per 9 kilometres = $0.111\ 112 \times 10^{-6}$ kg/m

15.3 A selection of imperial units used in industry, often for wires, rods etc. is:

1 pound per inch (lb/in)	(= 17.8580 kg/m)
1 pound per foot (lb/ft)	(= 1.488 16 kg/m)
1 pound per yard (lb/yd)	(= 0.496 055 kg/m)
1 pound per mile (lb/mile)	(= $2.818\ 49 \times 10^{-4}$ kg/m)
1 UKton per 1000 yards (ton/1000 yd)	(= 1.111 16 kg/m)
1 UKton per mile (ton/mile)	(= 0.631 342 kg/m)

Interconversion factors for the units in 15.1 and 15.3 are given in Table 15. For further information on 15.2 reference should be made to BS 947 which gives tables for calculating the tex values of numbers or counts in other systems, including denier.

omoorepeyman.ir

Table 15. Mass per unit length
(applicable to wires, rods, etc.)

Exact values are printed in bold type.

	kilogram per metre kg/m	pound per inch lb/in	pound per foot lb/ft	pound per yard lb/yd	pound per mile lb/mile	UKton per 1000 yards ton/1000 yd	UKton per mile ton/mile
1 kilogram per metre* kg/m =	**1**	0.055 997 4	0.671 969	2.015 91	3548.00	0.899 958	1.583 93
1 pound per inch lb/in =	17.8580	**1**	**12**	**36**	**63 360**	16.0714	28.2857
1 pound per foot lb/ft =	1.488 16	0.083 333 3	**1**	**3**	**5280**	1.339 29	2.357 14
1 pound per yard lb/yd =	0.496 055	0.027 777 8	0.333 333	**1**	**1760**	0.446 429	0.785 714
1 pound per mile lb/mile =	$2.818\ 49 \times 10^{-4}$	$1.578\ 28 \times 10^{-5}$	$1.893\ 94 \times 10^{-4}$	$5.681\ 82 \times 10^{-4}$	**1**	$2.536\ 53 \times 10^{-4}$	$4.464\ 29 \times 10^{-4}$
1 UKton per 1000 yards ton/1000 yd =	1.111 16	0.062 222 2	0.746 667	**2.24**	**3942.4**	**1**	**1.76**
1 UKton per mile ton/mile =	0.631 342	0.035 353 5	0.424 242	1.272 73	**2240**	0.568 182	**1**

* 1 kilogram per metre (kg/m) = 1 tonne per kilometre (t/km).

omoorepeyman.ir

16. Mass per unit area (mass/length squared)
(applicable for example to sheet metal, plating etc., and in agriculture)

16.1 The coherent SI unit is the kilogram per square metre (kg/m^2), a derived unit.

16.2 Other commonly used metric units are:

gram per square metre (g/m^2)	($= 0.001\ kg/m^2$)
milligram per square centimetre (mg/cm^2)	($= 0.01\ kg/m^2$)
milligram per square millimetre (mg/mm^2)	($= 1\ kg/m^2$)
kilogram per hectare (kg/ha)	($= 0.0001\ kg/m^2$)

16.3 A selection of imperial units is:

pound per thousand square feet ($lb/1000\ ft^2$)	($= 4.882\ 43 \times 10^{-3}\ kg/m^2$)
ounce per square yard (oz/yd^2)	($= 3.390\ 57 \times 10^{-2}\ kg/m^2$)
ounce per square foot (oz/ft^2)	($= 0.305\ 152\ kg/m^2$)
pound per acre (lb/acre)	($= 1.120\ 85 \times 10^{-4}\ kg/m^2$)
UK ton per square mile ($ton/mile^2$)	($= 3.922\ 98 \times 10^{-4}\ kg/m^2$)

For interconversion factors for the above see Table 16.

omoorepeyman.ir

Table 16. Mass per unit area

(applicable to sheet metal, plating, etc., and in agriculture)

Exact values are printed in bold type.

	kilogram per square metre kg/m²	pound per thousand square feet lb/1000 ft²	ounce per square yard oz/yd²	ounce per square foot oz/ft²	pound per acre lb/acre	UKton per square mile ton/mile²	kilogram per hectare* kg/ha
1 kilogram per square metre kg/m² =	**1**	204.816	29.493 5	3.277 06	8921.79	2549.08	1×10^4
1 pound per thousand square feet lb/1000 ft² =	$4.882\ 43 \times 10^{-3}$	**1**	**0.144**	**0.016**	**43.56**	12.4457	48.8243
1 ounce per square yard oz/yd² =	0.033 905 7	6.944 44	**1**	0.111 111	**302.5**	86.4286	339.057
1 ounce per square foot oz/ft² =	0.305 152	**62.5**	**9**	**1**	**2722.5**	777.857	3051.52
1 pound per acre lb/acre =	$1.120\ 85 \times 10^{-4}$	0.022 956 8	$3.305\ 79 \times 10^{-3}$	$3.673\ 09 \times 10^{-4}$	**1**	0.285 714	1.120 85
1 UK ton per square mile ton/mile² =	$3.922\ 98 \times 10^{-4}$	0.080 348 9	0.011 570 2	$1.285\ 58 \times 10^{-3}$	**3.5**	**1**	3.922 98
1 kilogram per hectare* kg/ha =	$\mathbf{1 \times 10^{-4}}$	0.020 481 6	$2.949\ 35 \times 10^{-3}$	$3.277\ 06 \times 10^{-4}$	0.892 179	0.254 908	**1**

* 1 kilogram per square metre (kg/m²) = 1000 g/m² = 100 mg/cm² = 1 mg/mm².

omoorepeyman.ir

page 29 blank

omoorepeyman.ir

17. Specific surface, or area per unit mass
(applicable to sheet metal, plating, etc., and in agriculture)

17.1 The coherent SI unit is the square metre per kilogram (m^2/kg), a derived unit.

17.2 Other commonly used metric units are:

square metre per gram (m^2/g)	(= 1000 m^2/kg)
square centimetre per milligram (cm^2/mg)	(= 100 m^2/kg)
square millimetre per milligram (mm^2/mg)	(= 1 m^2/kg)
hectare per kilogram (ha/kg)	(= 10 000 m^2/kg)

17.3 A selection of imperial units is:

thousand square feet per pound (1000 ft^2/lb)	(= 204.816 m^2/kg)
square yard per ounce (yd^2/oz)	(= 29.4935 m^2/kg)
square foot per ounce (ft^2/oz)	(= 3.277 06 m^2/kg)
acre per pound (acre/lb)	(= 8921.79 m^2/kg)
square mile per UK ton ($mile^2$/ton)	(= 2549.08 m^2/kg)

For interconversion factors for the above see Table 17.

omoorepeyman.ir

Table 17. Specific surface, or area per unit mass
(applicable to sheet metal, plating, etc., and in agriculture)

Exact values are printed in bold type.

	square metre per kilogram* m^2/kg	thousand square feet per pound 1000 ft^2/lb	square yard per ounce yd^2/oz	square foot per ounce ft^2/oz	acre per pound acre/lb	square mile per UK ton $mile^2/ton$	hectare per kilogram ha/kg
1 square metre per kilogram* m^2/kg* =	**1**	$4.882\,43 \times 10^{-3}$	0.033 905 7	0.305 152	$1.120\,85 \times 10^{-4}$	$3.922\,98 \times 10^{-4}$	1×10^{-4}
1 thousand square feet per pound 1000 ft^2/lb =	204.816	**1**	6.944 44	**62.5**	0.022 956 8	0.080 348 9	0.020 481 6
1 square yard per ounce yd^2/oz =	29.4935	**0.144**	**1**	**9**	$3.305\,79 \times 10^{-3}$	0.011 570 2	$2.949\,35 \times 10^{-3}$
1 square foot per ounce ft^2/oz =	3.277 06	**0.016**	0.111 111	**1**	$3.673\,09 \times 10^{-4}$	$1.285\,58 \times 10^{-3}$	$3.277\,06 \times 10^{-4}$
1 acre per pound acre/lb =	8921.79	**43.56**	**302.5**	**2722.5**	**1**	**3.5**	0.892 179
1 square mile per UK ton $mile^2/ton$ =	2549.08	12.4457	86.4286	777.857	0.285 714	**1**	0.254 908
1 hectare per kilogram ha/kg =	1×10^4	48.8243	339.057	3051.52	1.120 85	3.922 98	**1**

* 1 square metre per kilogram (m^2/kg) = 10^{-3} m^2/g = 10^{-2} cm^2/mg = 1 mm^2/mg.

omoorepeyman.ir

18. Area per unit capacity

Another combination with somewhat similar application is ' area per unit capacity ' (used for the ' covering power ' of paints, etc.). Table 18 gives interconversion factors for square metres per litre, square yards per UK gallon, and square feet per UK gallon.

Table 18. Area per unit capacity

	square metre per litre m^2/l	square yard per gallon yd^2/gal	square foot per gallon ft^2/gal
1 square metre per litre = m^2/l	1	5.437 08	48.9337
1 square yard per gallon = yd^2/gal	0.183 992	1	9
1 square foot per gallon = ft^2/gal	0.020 435 8	0.111 111	1

19. Density* (mass/volume)

19.1 The coherent SI unit of density is the kilogram per cubic metre (kg/m^3), a derived unit.

19.2 Other commonly used metric units are:

gram per cubic centimetre (g/cm^3) or gram per millilitre (g/ml)† } (= 1000 kg/m^3)

19.3 A selection of imperial units is:

pound per cubic inch (lb/in^3) (=27 679.9 kg/m^3)
pound per cubic foot (lb/ft^3) (= 16.0185 kg/m^3)
UK ton per cubic yard ($UKton/yd^3$) (= 1328.94 kg/m^3)
pound per UK gallon (lb/UKgal) (= 99.7763 kg/m^3)
pound per US gallon (lb/USgal) (= 119.826 kg/m^3)

For interconversion factors for the above see Table 19. See also section 20, Concentration.

* It should be noted that ' relative density ' (i.e. density/reference density) is a dimensionless quality. The relative density of a substance is defined as the ratio of the mass of a given volume of that substance to the mass of an equal volume of a reference substance, under conditions which should be specified for both substances.

When the reference substance is water the term ' specific gravity ' is commonly used for relative density. For conversions of readings of hydrometers on different density and specific gravity bases see BS 718.

† 1 gram per millilitre (1901) = 999.972 kg/m^3. See 4.3, litre.

omoorepeyman.ir

Table 19. Density (mass/volume)

Exact values are printed in bold type.

	kilogram per cubic metre kg/m³	gram per cubic centimetre (or gram per millilitre) g/cm³ (g/ml)	gram per millilitre (1901) g/ml (1901)	pound per cubic inch lb/in³	pound per cubic foot lb/ft³	UK ton per cubic yard UKton/yd³	pound per UK gallon lb/UKgal	pound per US gallon lb/USgal
1 kilogram per cubic metre = kg/m³	**1**	**0.001**	$1.000\,028 \times 10^{-3}$	$3.612\,73 \times 10^{-5}$	$6.242\,80 \times 10^{-2}$	$7.524\,80 \times 10^{-4}$	$1.002\,24 \times 10^{-2}$	$0.834\,540 \times 10^{-2}$
1 gram per cubic centimetre = g/cm³ = (g/ml)	**1000**	**1**	1.000 028	0.036 127 3	62.4280	0.752 480	10.0224	8.345 40
1 gram per millilitre (1901) = g/ml (1901)	999.972	0.999 972	**1**	0.036 126 3	62.4262	0.752 459	10.0221	8.345 17
1 pound per cubic inch = lb/in³	27 679.9	27.6799	27.680 7	**1**	**1728**	20.828 6	277.420	**231**
1 pound per cubic foot = lb/ft³	16.0185	0.016 018 5	0.016 018 9	$5.787\,04 \times 10^{-4}$	**1**	0.012 053 6	0.160 544	0.133 681
1 UK ton per cubic yard = UKton/yd³	1328.94	1.328 94	1.328 98	0.048 011 0	82.9630	**1**	13.3192	11.0905
1 pound per UK gallon = lb/UKgal	99.7763	0.099 776 3	0.099 779 1	$3.604\,65 \times 10^{-3}$	6.228 83	0.075 079 7	**1**	0.832 674
1 pound per US gallon = lb/USgal	119.826	0.119 826	0.119 830	$4.329\,00 \times 10^{-3}$	7.480 52	0.090 167 0	1.200 95	**1**

omoorepeyman.ir

20. Concentration (mass/volume)

20.1 The coherent SI unit for the expression of concentration* (in the sense of the mass of a substance per unit volume of a solution, or the like) is the kilogram per cubic metre (kg/m^3), a derived unit.

This unit is equal to 1 gram per cubic decimetre, and is commonly expressed as 1 gram per litre†.

1 kg/m^3 = 1 g/dm^3 = 1 g/l

20.2 Some imperial and US units which are in practical use for the statement of concentration are:

grain per cubic foot (gr/ft^3)	(= 0.228 835 × 10^{-2} kg/m^3)
grain per UK gallon (gr/UKgal)	(= 0.014 253 8 kg/m^3)
grain per US gallon (gr/USgal)	(= 0.017 118 1 kg/m^3)
ounce per UK gallon (oz/UKgal)	(= 6.236 02 kg/m^3)
ounce per US gallon (oz/USgal)	(= 7.489 15 kg/m^3)

For interconversion factors for the above see Table 20. See also section 19, Density.

* Concentration is sometimes expressed in other ways, for example, mass (of a substance) per unit mass (of a solution), or, in physical chemistry, in terms of moles per unit volume.
† 1 gram per litre (1901) = 0.999 972 kg/m^3. See 4.3, litre.

omoorepeyman.ir

Table 20. Concentration

Exact values are printed in bold type.

	kg/m³ g/dm³ g/l	g/l (1901)*	gr/ft³	gr/UKgal	gr/USgal	oz/UKgal	oz/USgal
1 kilogram per cubic metre kg/m³ 1 gram per cubic decimetre g/dm³ 1 gram per litre g/l =	**1**	1.000 028	436.996	70.1569	58.4178	0.160 359	0.133 526
1 gram per litre (1901)* g/l (1901) =	0.999 972	**1**	436.983	70.1549	58.4162	0.160 354	0.133 523
1 grain per cubic foot gr/ft³ =	$0.228\ 835 \times 10^{-2}$	$0.228\ 842 \times 10^{-2}$	**1**	0.160 544	0.133 681	$3.669\ 57 \times 10^{-4}$	$3.055\ 56 \times 10^{-4}$
1 grain per UK gallon gr/UKgal =	0.014 253 8	0.014 254 2	6.228 83	**1**	0.832 674	$2.285\ 71 \times 10^{-3}$	$1.903\ 25 \times 10^{-3}$
1 grain per US gallon gr/USgal =	0.017 118 1	0.017 118 5	7.480 52	1.200 95	**1**	$2.745\ 03 \times 10^{-3}$	$2.285\ 71 \times 10^{-3}$
1 ounce per UK gallon oz/UKgal =	6.236 02	6.236 20	2725.11	**437.5**	364.295	**1**	0.832 674
1 ounce per US gallon oz/USgal =	7.489 15	7.489 36	3272.73	525.416	**437.5**	1.200 95	**1**

* 1 litre (1901) per kilogram = $1.000\ 028 \times 10^{-3}$ m³/kg. See 4.3, litre.

NOTE 1. g indicates gram. gr indicates grain.

NOTE 2. See also Table 19, Density.

omoorepeyman.ir

21. Specific volume (volume/mass)

21.1 The coherent SI unit of specific volume (which is the reciprocal of density) is the cubic metre per kilogram (m^3/kg), a derived unit.

21.2 Another commonly used metric unit is:
litre* per kilogram (l/kg) = 0.001 m^3/kg.

21.3 A selection of imperial units is:

cubic foot per pound (ft^3/lb)	(= 0.062 428 0 m^3/kg)
cubic inch per pound (in^3/lb)	(= $3.612\,73 \times 10^{-5}$ m^3/kg)
cubic foot per UK ton ($ft^3/UKton$)	(= $2.786\,96 \times 10^{-5}$ m^3/kg)
UK gallon per pound (UKgal/lb)	(= 0.010 022 4 m^3/kg)

For interconversion factors for the above see Table 21.

* 1 litre (1901) per kilogram = $1.000\,028 \times 10^{-3}$ m^3/kg. See 4.3, litre.

omoorepeyman.ir

Table 21. Specific volume

Exact values are printed in bold type.

	cubic metre per kilogram m^3/kg	litre* per kilogram l/kg	cubic foot per pound ft^3/lb	cubic inch per pound in^3/lb	cubic foot per UK ton ft^3/ton	UK gallon per pound UK gal/lb
1 cubic metre per kilogram m^3/kg =	**1**	**1000**	16.0185	27 679.9	35 881.4	99.7763
1 litre* per kilogram l/kg =	**0.001**	**1**	0.016 018 5	27.6799	35.8814	0.099 776 3
1 cubic foot per pound ft^3/lb =	0.062 428 0	62.428 0	**1**	**1728**	**2240**	6.228 83
1 cubic inch per pound in^3/lb =	$3.612\ 73 \times 10^{-5}$	0.036 127 3	$5.787\ 04 \times 10^{-4}$	**1**	1.296 30	$3.604\ 65 \times 10^{-3}$
1 cubic foot per UK ton ft^3/ton =	$2.786\ 96 \times 10^{-5}$	0.027 869 6	$4.464\ 29 \times 10^{-4}$	0.771 429	**1**	$2.780\ 73 \times 10^{-3}$
1 UK gallon per pound UKgal/lb =	0.010 022 4	10.0224	0.160 544	277.420	359.618	**1**

* 1 litre (1901) = 1.000 028 litre. See 4.3, litre.

omoorepeyman.ir

BS 350 : Part 1 : 1974
Mass rate of flow
Volume rate of flow

22. Mass rate of flow (mass/time)

22.1 The coherent SI unit of mass rate of flow is the kilogram per second (kg/s), a derived unit.

22.2 Another commonly used metric unit is the kilogram per hour (kg/h).
1 kg/h = 2.777 78 × 10^{-4} kg/s

22.3 A selection of imperial units is:

pound per second (lb/s)	(= 0.453 592 kg/s)
pound per hour (lb/h)	(= 1.259 98 × 10^{-4} kg/s)
UK ton per hour (UKton/h)	(= 0.282 235 kg/s)

For interconversion factors for the above see Table 22.

Table 22. Mass rate of flow

Exact values are printed in bold type.

	kilogram per second kg/s	kilogram per hour kg/h	pound per second lb/s	pound per hour lb/h	UK ton per hour UKton/h
1 kilogram per second = kg/s	**1**	**3600**	2.204 62	7936.64	3.543 14
1 kilogram per hour = kg/h	2.777 78 × 10^{-4}	**1**	6.123 95 × 10^{-4}	2.204 62	9.842 07 × 10^{-4}
1 pound per second = lb/s	0.453 592	1632.93	**1**	**3600**	1.607 14
1 pound per hour = lb/h	1.259 98 × 10^{-4}	0.453 592	2.777 78 × 10^{-4}	**1**	4.464 29 × 10^{-4}
1 UK ton per hour = UKton/h	0.282 235	1016 .05	0.622 222	**2240**	**1**

23. Volume rate of flow* (volume/time)

23.1 The coherent SI unit of volume rate of flow is the cubic metre per second† (m^3/s), a derived unit.

23.2 Some other commonly used metric units are:

cubic metre per hour (m^3/h)	(= 2.777 78 × 10^{-4} m^3/s)
litre‡ per second (l/s)	(= 0.001 m^3/s)
litre‡ per minute (l/min)	(= 1.666 67 × 10^{-5} m^3/s)
litre‡ per hour (l/h)	(= 2.777 78 × 10^{-7} m^3/s)

23.3 A selection of imperial units is:

cubic foot per second§ (ft^3/s)	(= 0.028 316 8 m^3/s)
cubic foot per hour (ft^3/h)	(= 7.865 79 × 10^{-6} m^3/s)
UK gallon per second (UKgal/s)	(= 4.546 09 × 10^{-3} m^3/s)
UK gallon per minute (UKgal/min)	(= 7.576 82 × 10^{-5} m^3/s)
UK gallon per hour (UKgal/h)	(= 1.262 80 × 10^{-6} m^3/s)

For interconversion factors for the above see Table 23.

* For gases, the conversion factors given here are based on the assumption that the reference conditions of temperature, pressure and humidity remain unchanged.
† The cubic metre per second is sometimes known as the 'cumec'.
‡ The litre (1901) = 1.000 028 litre (see 4.3).
§ The cubic foot per second is sometimes known as the 'cusec'.

omoorepeyman.ir

Table 23. Volume rate of flow

Exact values are printed in bold type.

As amended July 1983

	cubic metre per second m^3/s	cubic metre per minute m^3/min	cubic metre per hour m^3/h	litre* per second L/s	litre* per minute L/min	litre* per hour L/h	cubic foot per second ft^3/s	cubic foot per minute ft^3/min	cubic foot per hour ft^3/h	UK gallon per second UKgal/s	UK gallon per minute UKgal/min	UK gallon per hour UKgal/h
1 cubic metre per second = m^3/s	**1**	60	**3600**	**1000**	**60 000**	3.6×10^4	35.314 7	$2.118\,88 \times 10^3$	127 133	219.969	13 198.2	791 889
1 cubic metre per minute = m^3/min	0.016 6667	**1**	**60**	16.666 7	**1000**	**60 000**	0.588 578	35.314 7	$2.118\,88 \times 10^3$	3.666 15	219.969	13 198.2
1 cubic metre per hour = m^3/h	$2.777\,78 \times 10^{-4}$	0.016 666 7	**1**	0.277 778	16.666 7	**1000**	$9.809\,63 \times 10^{-3}$	0.588 578	35.314 7	0.061 102 6	3.666 15	219.969
1 litre* per second = L/s	**0.001**	**0.06**	**3.6**	**1**	**60**	**3600**	0.035 314 7	2.118 88	127.133	0.219 969	13.198 2	791.889
1 litre* per minute = L/min	$1.666\,67 \times 10^{-5}$	**0.001**	**0.06**	0.016 667	**1**	**60**	$5.885\,78 \times 10^{-4}$	0.035 314 7	2.118 88	$3.666\,15 \times 10^{-3}$	0.219 969	13.198 2
1 litre* per hour = L/h	$0.277\,778 \times 10^{-6}$	$1.666\,67 \times 10^{-5}$	**0.001**	$0.277\,778 \times 10^{-3}$	0.016 666 7	**1**	$9.809\,63 \times 10^{-6}$	$5.885\,78 \times 10^{-4}$	0.035 314 7	$6.110\,26 \times 10^{-5}$	$3.666\,15 \times 10^{-3}$	0.219 969
1 cubic foot per second = ft^3/s	0.028 316 8	1.699 01	101.941	28.3168	1699.01	101 941	**1**	**60**	**3600**	6.228 84	373.730	$2.242\,38 \times 10^4$
1 cubic foot per minute = ft^3/min	$4.719\,47 \times 10^{-4}$	0.028 316 8	1.699 01	0.471 947	28.316 8	$1.699\,01 \times 10^3$	0.016 666 7	**1**	**60**	0.103 814	6.228 84	373.730
1 cubic foot per hour = ft^3/h	$7.865\,79 \times 10^{-6}$	$4.719\,47 \times 10^{-4}$	0.028 316 8	$7.865\,79 \times 10^{-3}$	0.471 947	28.316 8	$0.277\,778 \times 10^{-3}$	0.016 666 7	**1**	$1.730\,23 \times 10^{-3}$	0.103 814	6.228 84
1 UK gallon per second = UKgal/s	**4.546 09** $\times 10^{-3}$	0.272 765	16.365 9	**4.546 09**	272.765	16 365.9	0.160 544	9.632 62	577.957	**1**	**60**	**3600**
1 UK gallon per minute = UKgal/min	$7.576\,82 \times 10^{-5}$	**4.546 09** $\times 10^{-3}$	0.272 765	0.075 768 2	**4.546 09**	272.765	$2.675\,73 \times 10^{-3}$	0.160 544	9.632 62	0.016 666 7	**1**	**60**
1 UK gallon per hour = UKgal/h	$1.262\,80 \times 10^{-6}$	$7.576\,82 \times 10^{-5}$	**4.546 09** $\times 10^{-3}$	$1.262\,80 \times 10^{-3}$	0.075 768 2	**4.546 09**	$4.459\,55 \times 10^{-5}$	$2.675\,73 \times 10^{-3}$	0.160 544	$0.277\,778 \times 10^{-3}$	0.016 666 7	**1**

*The litre used here is equal to 1 cubic decimetre. 1 litre (1901) = 1.000 028 dm^3 (see 4.3).

NOTE. For gases, the conversion factors given in this table are based on the assumption that the reference conditions of temperature, pressure and humidity remain unchanged.

omoorepeyman.ir

24. Traffic factors

(in connection with volume of fuel consumed, distance run and load carried)

It should be noted that in European countries fuel consumptions are usually expressed in terms of litres per kilometre, or litres per 100 kilometres, i.e. volume of fuel per distance run (see Table 24*a*). In the UK the reciprocal factor (distance/volume) in terms of miles per gallon is used (see Table 24*b*). Figure 1 is a graph indicating the relationship between litres per 100 kilometres and miles per gallon, over the range 10 miles to 100 miles per gallon.

Table 24*a*. Fuel consumption (volume/distance)

Exact values are printed in bold type.

	litre per kilometre* l/km	UK gallon per mile UKgal/mile	US gallon per mile USgal/mile
1 litre per kilometre* = l/km	**1**	0.354 006	0.425 144
1 UK gallon per mile = UKgal/mile	2.824 81	**1**	1.200 95
1 US gallon per mile = USgal/mile	2.352 15	0.832 674	**1**

* Several European countries use the factor ' litre per 100 kilometres '.

Table 24*b*. Fuel consumption (distance/volume)

Exact values are printed in bold type.

	kilometre per litre km/l	mile per UK gallon mile/UKgal	mile per US gallon mile/USgal
1 kilometre per litre = km/l	**1**	2.824 81	2.352 15
1 mile per UK gallon = mile/UKgal	0.354 006	**1**	0.832 674
1 mile per US gallon = mile/USgal	0.425 144	1.200 95	**1**

Mass carried × distance

1 tonne kilometre = 0.611 558 UKton mile
1 UKton mile = 1.635 17 tonne kilometre

Mass carried × distance/volume

1 tonne kilometre per litre = 2.780 20 UKton mile per UK gallon
1 UKton mile per UK gallon = 0.359 687 tonne kilometre per litre

omoorepeyman.ir

BS 350 : Part 1 : 1974
Moment of inertia
Momentum
Angular momentum

25. Moment of inertia (mass × length squared)

25.1 The coherent SI unit of moment of inertia is the kilogram metre squared (kg m^2), a derived unit.

25.2 Some other metric units which have been used are:

kilogram millimetre squared (kg mm^2)	(1 kg mm^2 = 10^{-6} kg m^2)
gram centimetre squared (g cm^2)	(1 g cm^2 = 10^{-7} kg m^2)

25.3 A selection of imperial units is:

pound foot squared (lb ft^2)	(= 0.042 140 1 kg m^2)
pound inch squared (lb in^2)	(= 2.926 40 × 10^{-4} kg m^2)
ounce (avoir) inch squared (oz in^2)	(= 1.829 00 × 10^{-5} kg m^2)

For interconversion factors for the above see Table 25.

Table 25. Moment of inertia

Exact values are printed in bold type.

	kilogram metre squared kg m^2	pound foot squared lb ft^2	pound inch squared lb in^2	ounce inch squared oz in^2
1 kilogram metre squared = kg m^2	**1**	23.7304	3417.17	54 674.8
1 pound foot squared = lb ft^2	0.042 140 1	**1**	**144**	**2304**
1 pound inch squared = lb in^2	$2.926\ 40 \times 10^{-4}$	$6.944\ 44 \times 10^{-3}$	**1**	**16**
1 ounce inch squared = oz in^2	$1.829\ 00 \times 10^{-5}$	$4.340\ 28 \times 10^{-4}$	**0.0625**	**1**

NOTE. 1 kg m^2 = 10^6 kg mm^2 = 10^7 g cm^2.

26. Momentum (linear) (mass × velocity)

The coherent SI unit of momentum is the kilogram metre per second.

Some key conversion factors are:

1 kg m/s = 7.233 01 lb ft/s

1 lb ft/s = 0.138 255 kg m/s

(1 kg m/s = 10^5 g cm/s)

27. Angular momentum (mass × velocity × length)

The coherent SI unit of angular momentum is the kilogram metre squared per second.

Some key conversion factors are:

1 kg m^2/s = 23.7304 lb ft^2/s

1 lb ft^2/s = 0.042 140 1 kg m^2/s

omoorepeyman.ir

28. Force (mass × acceleration)

28.1 The coherent SI unit of force is the newton (N), a derived unit with a special name. Expressed in terms of base units of the SI the newton is the kilogram metre per second squared (kg m/s²) and is that force which, when applied to a body having a mass of one kilogram, gives it an acceleration of one metre per second squared.

28.2 Other metric units of force of historical or practical importance are:
the dyne (dyn), the force unit in the centimetre-gram-second system,
the sthène (sn), the force unit in the metre-tonne-second system, and
the kilogram-force (kgf), which is often described as the metric technical unit of force. In Germany and some other continental countries the kilogram-force is called the kilopond (with symbol kp).

1 dyn = 1 g cm/s² (= 10^{-5} N)
1 sn = 1 t m/s² (= 10^{3} N)

The kilogram-force (or kilopond) is that force which, when applied to a body having a mass of one kilogram, gives it the standard acceleration* due to gravity (i.e. **9.806 65** m/s²).
Thus,

1 kgf (or kp) = **9.806 65** kg m/s² (= **9.806 65** N)

28.3 In the foot-pound-second system the coherent force unit is the poundal (pdl).

1 pdl = 1 lb ft/s²
= **0.453 592 37** × **0.3048** kg m/s²
(= 0.138 255 N) (approximately)

The corresponding technical force unit in general use in the UK and USA is the pound-force (lbf). It is that force which, when applied to a body having a mass of one pound, gives it the standard acceleration* due to gravity.
Thus,

$$1 \text{ lbf} = \frac{\mathbf{9.806\ 65}}{\mathbf{0.3048}} \text{ lb ft/s}^2$$

= 32.1740 pdl (approximately)
(= 4.448 22 N)†

Further technical force units associated with the pound-force are the ounce-force (ozf), the UK ton-force (tonf) and the US ton-force. In the USA a unit of 1000 lbf named the ' kip ' is often used.

1 ozf	= $\frac{1}{16}$ lbf	(= 0.278 014 N)
1 tonf	= 2240 lbf	(= 9964.02 N)
1 US ton-force	= 2000 lbf	(= 8896.44 N)
1 kip (USA only)	= 1000 lbf	(= 4448.22 N)

28.4 The kilogram-force (kgf), and the pound-force (lbf) and its associated units, are both exactly defined in terms of the standard acceleration due to gravity. Because local acceleration due to gravity usually differs slightly from standard acceleration, it follows that the forces exerted by gravity on bodies having a mass of 1 kg or 1 lb are rarely exactly equal to 1 kgf or 1 lbf respectively, and account has to be taken of this when very high precision is required. See also section **29**, Weight.

Interconversion factors for the above units are given, or can be readily inferred, from Table 28.

* See 13.4.
† In exact terms, 0.453 592 37 × 9.806 65 N.

omoorepeyman.ir

Table 28. Force

Exact values are printed in bold type.

	newton N	kilogram-force kgf	poundal pdl	pound-force lbf	UKton-force tonf	ounce-force ozf
1 newton N =	**1**	0.101 972	7.233 01	0.224 809	$1.003\ 61 \times 10^{-4}$	3.596 94
1 kilogram-force kgf =	**9.806 65**	**1**	70.931 6	2.204 62	$9.842\ 07 \times 10^{-4}$	35.2740
1 poundal pdl =	0.138 255	0.014 098 1	**1**	0.031 081 0	$1.387\ 54 \times 10^{-5}$	0.497 295
1 pound-force lbf =	4.448 22	0.453 592	32.1740	**1**	$4.464\ 29 \times 10^{-4}$	**16**
1 UK ton-force tonf =	9964.02	1016.05	72 069.9	**2240**	**1**	**35 840**
1 ounce-force ozf =	0.278 014	0.028 349 5	2.010 88	**0.062 5**	$2.790\ 18 \times 10^{-5}$	**1**

NOTE. 1 dyne (dyn) = 10^{-5} N } see 28.2
1 sthène (sn) = 10^{3} N }
1 kip (USA only) = 1000 lbf } see 28.3
1 UStон-force = 2000 lbf }

omoorepeyman.ir

29. Weight

29.1 Meaning of ' weight '. The term ' weight ' is commonly used either to denote mass or force, i.e. the mass of a body or the force of gravity acting upon it. It is used in the sense of mass in the UK Weights and Measures Act, 1963 and in common parlance; it is used in the sense of force by CGPM and in scientific and some technical work.

As weight values may be found quoted in either mass or force units both usages are accommodated in these conversion tables. To convert weight units when using weight in the mass sense use Tables 14*a*, 14*b* or 14*c*: to convert weight units when using weight as a force use Table 28.

29.2 Relationship between force of gravity and mass. The force of gravity (for example, expressed in newtons) is equal to the mass (in kilograms) multiplied by the local gravitational acceleration (in metres per second squared). For most practical purposes variations in local gravitational acceleration can be ignored and the standard value of **9.806 65** m/s^2 is assumed (usually rounded to 9.81 m/s^2).

It is the standard value of **9.806 65** m/s^2 that is used in defining with precision the technical force units, the kilogram-force and the pound-force.

29.3 Accurate weight conversions. Conversions from one system of units to another on a mass to mass basis, or on a force to force basis, can be made with good accuracy by using the tables for sections **14** and **28** respectively. However, to obtain the accurate relationship of a mass to its associated gravitational force account has to be taken of the exact local value of the earth's gravitational field. The downward force on the mass is also affected by the buoyancy of any displaced atmosphere.

omoorepeyman.ir

30. Moment of force, or torque (force × length)

30.1 The coherent SI unit of moment (of force) is the newton metre (N m), a derived unit. See the note below concerning the energy unit, which has a different physical significance.

30.2 A metric unit often used for moment, or torque, in continental countries is the kilogram-force metre (kgf m).

1 kgf m = 9.806 65 N m

This unit is called the kilopond metre (kp m) in Germany.

30.3 A selection of imperial units is:

poundal foot (pdl ft)	(= 0.042 140 1 N m)
pound-force foot (lbf ft)	(= 1.355 82 N m)
pound-force inch (lbf in)	(= 0.112 985 N m)
UKton-force foot (tonf ft)	(= 3037.03 N m)
ounce-force inch (ozf in)	(= 7.061 55 × 10^{-3} N m)

NOTE. The product newton × metre (N m) also expresses the SI unit for work done, or energy, a unit having the special name joule (J), (see section 36, Energy). However, torque and energy are different physical quantities; both are dimensionally force × length but in the former the directions of the force and length components are perpendicular to each other while in the latter they are in line with each other.

With imperial units a distinction between torque units and energy units is made (by convention) by reversing the order of the units; e.g. the foot pound-force (ft lbf) is an energy unit and the pound-force foot (lbf ft) a torque unit. There is no similar convention used or advisable with metric (including SI) units; it can be seen for example that m N (the reverse of N m) would easily be mistaken for millinewton.

Metric moment or torque units should be expressed as indicated in 30.1 and 30.2 above.

Recommended July 1983

It may be useful to point out that because both torque and energy are dimensionally the same (force × length) there is a numerical correspondence between energy conversion tables and torque conversion tables.

For interconversion factors for the above see Table 30.

omoorepeyman.ir

Table 30. Moment of force (torque)

Exact values are printed in bold type.

	newton metre N m	kilogram-force* metre kgf m	poundal foot pdl ft	pound-force foot lbf ft	pound-force inch lbf in	UKton-force foot tonf ft	ounce-force inch ozf in
1 newton metre N m =	**1**	0.101 972	23.7304	0.737 562	8.850 75	$3.292\ 69 \times 10^{-4}$	141.612
1 kilogram-force* metre kgf m =	**9.806 65**	**1**	232.715	7.233 01	86.7962	$3.229\ 02 \times 10^{-3}$	1388.74
1 poundal foot pdl ft =	0.042 140 1	$4.297\ 10 \times 10^{-3}$	**1**	0.031 081 0	0.372 971	$1.387\ 54 \times 10^{-5}$	5.967 54
1 pound-force foot lbf ft =	1.355 82	0.138 255	32.1740	**1**	**12**	$4.464\ 29 \times 10^{-4}$	**192**
1 pound-force inch lbf in =	0.112 985	0.011 521 2	2.681 17	0.083 333 3	**1**	$3.720\ 24 \times 10^{-5}$	**16**
1 UK ton-force foot tonf ft =	3037.03	309.691	72 069.9	**2240**	**26 880**	**1**	**430 080**
1 ounce-force inch ozf in =	$7.061\ 55 \times 10^{-3}$	$7.200\ 78 \times 10^{-4}$	0.167 573	$5.208\ 33 \times 10^{-3}$	**0.0625**	$2.325\ 15 \times 10^{-6}$	**1**

* The kilogram-force is called the kilopond (kp) in Germany. 1 kgf m = 1 kp m

NOTE. 1 newton millimetre (N mm) = 10^{-3} newton metre (N m)
1 dyne centimetre (dyn cm) = 10^{-7} newton metre (N m)

@omoorepeyman.ir

31. Force per unit length* (force/length)

31.1 The coherent SI unit is the newton per metre (N/m).

31.2 Another metric unit that may still be encountered is the dyne per centimetre (dyn/cm).

1 dyn/cm = 10^{-3} N/m

No interconversion tables are provided for force per unit length. The main reason for mentioning it here is to show the distinction from torque.

32. Pressure (force/area)

32.1 The coherent SI unit of pressure is the newton per square metre, N/m^2, for which the special name pascal (symbol Pa) was approved by the CGPM in 1971.

One pascal represents a very small pressure, and its multiples kilopascal (kPa) (or kN/m^2) and megapascal (MPa) (or MN/m^2) are therefore frequently used.

32.2 Arising from the historical evolution of the SI from the CGS system, some pressure units have a decimal relationship with the pascal. These are the dyne per square centimetre (dyn/cm^2) (sometimes called the barye), the pièze (pz), and the bar (bar)†. Only the last of these, with its multiples, persists in common use.

The dyne per square centimetre is also a very small pressure:

$$1\ dyn/cm^2 = \frac{1 \times 10^{-5}\ N}{(m/100)^2} = 0.1\ N/m^2 = 0.1\ Pa.$$

The pièze is the coherent pressure unit in the metre-tonne-second system, being equal to one sthène per square metre:

1 pz = 1 sn/m^2 = 1 × 10^3 N/m^2 = 1 kN/m^2 = 1 kPa.

The bar, 10^6 dyn/cm^2, is legally recognized in EEC countries and has a magnitude not far removed from that of usual atmospheric pressure at sea level.

1 bar = 10^6 dyn/cm^2 = 10^6 × 0.1 N/m^2 = 10^5 N/m^2 = 10^5 Pa.

One of its submultiples, the millibar, is widely used in the expression of barometric pressures.

32.3 Also in common use on the Continent are the technical pressure units, the kilogram-force per square metre, and, in particular, the kilogram-force per square centimetre:

1 kgf/m^2 = 9.806 65 N/m^2 (exactly) = 9.806 65 Pa

1 kgf/cm^2 = 0.980 665 × 10^5 N/m^2 (exactly) = 0.098 066 5 MPa

In Germany and some other Continental countries the kilopond (kp) is used in place of the kilogram-force (kgf), e.g. 1 kp/cm^2 = 1 kgf/cm^2.

These technical units have a simple relationship with conventional columns of water expressed in metric terms (see **32.5**).

32.4 Some imperial units in use, and that are expressed directly in terms of force per unit area, are:

poundal per square foot (pdl/ft^2), the coherent unit in the foot-pound-second system

pound-force per square foot (lbf/ft^2)
pound-force per square inch (lbf/in^2)
UKton-force per square foot ($tonf/ft^2$)
UKton-force per square inch ($tonf/in^2$)
} technical units

$$1\ pdl/ft^2 = \frac{\mathbf{0.453\ 592\ 37} \times \mathbf{(0.3048)}\ N}{\mathbf{(0.3048}\ m)^2}$$

= 1.488 16 Pa (or N/m^2) approx.

$$1\ lbf/ft^2 = \frac{\mathbf{0.453\ 592\ 37} \times \mathbf{9.806\ 65}\ N}{\mathbf{(0.3048}\ m)^2}$$

= 47.8803 Pa (or N/m^2) approx.

* For example, surface tension.

† The internationally recognized unit symbol for the bar is the same as the unit name. In meteorology, however, the commonly used symbol for the millibar is simply mb.

omoorepeyman.ir

1 lbf/in² = 144 lbf/ft² = 6894.76 Pa (or N/m²) approx.
1 UKtonf/ft² = 2240 lbf/ft² = 1.072 52 × 10^5 Pa (or N/m²) approx.
1 UKtonf/in² = 2240 lbf/in² = 1.544 43 × 10^7 Pa (or N/m²) approx.

The pound-force per square inch (lbf/in²) is often known and shown by the abbreviation p.s.i., but, although widely used in the UK and USA, this abbreviation is inconsistent with the internationally recognized symbology for units. In the USA, the expression ' k.s.i.' is often used to signify kips per square inch (i.e. 1000 lbf/in²).

32.5 Liquid columns. Pressures are often measured in terms of the height of column of liquid, e.g. of mercury or of water. The pressure associated with a given height is dependent upon the density of the liquid and the local acceleration due to gravity. The following pressure units, based upon conventional density and gravity conditions, are internationally recognized:

the conventional millimetre of mercury (symbol mmHg);
the conventional inch of mercury (symbol inHg);
the conventional millimetre of water (symbol mmH_2O);
the conventional inch of water (symbol inH_2O).

The metre of water (mH_2O) and foot of water (ftH_2O) are also used.

1 mmH_2O = 0.001 m × 1000 kg/m³ × 9.806 65 m/s² = 9.806 65 N/m² = **9.806 65 Pa**

(This is the pressure due to an ideal column of water of length 1 mm and of uniform density 1 g cm³, when under the standard condition g_n = **9.806 65** m/s²)

1 mmHg = 13.5951 mmH_2O = **13.5951** × **9.806 65** Pa
= 133.322 Pa (approx.)*
1 inH_2O = 25.4 mmH_2O = **9.806 65** × **25.4** Pa
= 249.089 Pa (approx.)
1 inHg = 25.4 mmHg = **9.806 65** × **13.5951** × **25.4** Pa
= 3386.39 Pa (approx.)
1 ftH_2O = 304.8 mmH_2O = **304.8** × **9.806 65** Pa
= 2989.07 Pa (approx.)

Another pressure unit in common use known as the torr is equal, within one part in 7 million, to the conventional millimetre of mercury (mmHg). It is, however, precisely defined in terms of the pascal as follows:

$$1 \text{ torr} = \frac{\mathbf{101\,325.0}}{\mathbf{760}} \text{Pa}$$

= 133.322 Pa (approx.)

Because of its size, the pascal is well-suited to vacuum technology. However, in addition to the millibar and torr and their submultiples, the term ' micron ' meaning micrometre of mercury (μmHg), is still common in this field. The symbol μmHg is sometimes (incorrectly) contracted to μ.

Following from its definition, the conventional millimetre of water is exactly equal to the kilogram-force per square metre:

1 mmH_2O = 1 kgf/m² (or kp/m²)

Similarly, 10 mH_2O = 1 kgf/cm² (or kp/cm²).

32.6 Atmospheres. Attention is called to the significance of the following terms and symbols:

Standard atmosphere (atm). This is an internationally established reference for pressure of 101 325 Pa, being equal to 760 mmHg within one part in 7 million. It should not be regarded or used as a unit, but it is of great importance and in widespread use as a reference.

The technical atmosphere (at). This unit, which is used on the Continent, is equal to the kilogram-force per square centimetre, or kilopond per square centimetre:

1 at = 1 kgf/cm² (or kp/cm²) = **98 066.5 Pa**

32.7 ' Absolute ' and ' gauge '. All the pressure units mentioned in **32.1** to **32.6** may be used to state the magnitude of an absolute pressure or of a pressure difference, and misunderstandings in interpretation and conversion may arise if the quantity concerned is not clearly expressed.

It has been internationally recommended that pressure units themselves should not be modified to indicate whether the pressure value is ' absolute ' (i.e. with zero pressure as the datum) or ' gauge ' (i.e. with atmospheric pressure as the datum).

* For detailed information on barometer conventions see BS 2520.

omoorepeyman.ir

Both in the UK and USA it was common practice to use the abbreviation p.s.i. to indicate lbf/in², and to differentiate between gauge and absolute pressures by adding the further letters ' g ' and ' a ' to make ' p.s.i.g.' and ' p.s.i.a.' respectively. A similar situation existed in German practice, where the symbol for the technical atmosphere (at) was modified to atü or ata to indicate the expression of ' gauge ' (über) or ' absolute ' pressure respectively*. Of these, only ' at ' was an internationally recognized unit symbol; furthermore the modifications did not change the units of measurement, but were in fact an indication of the quantity being expressed.

From the recommendation in the second paragraph it follows that, if the context leaves any doubt as to which quantity is meant, the word ' pressure' should be qualified appropriately:

e.g. ' at a gauge pressure of 12.5 bar '
or ' at a gauge pressure of 1.25 MPa '
or ' at an absolute pressure of 2.34 bar '
or ' at an absolute pressure of 234 kPa '.

Absolute pressures are always positive, but gauge pressures are shown as negative when indicating a pressure less than the datum pressure.

It is common practice in the power and process industries to refer to ' vacuum ' values,

e.g. ' 1 mmHg vacuum ' represents a gauge pressure of −1 mmHg, and
' one per cent of vacuum ' represents a gauge pressure of minus one per cent of the datum atmosphere in use.

* With the atü, the datum is an absolute pressure of 1 at.

Interconversion factors for the above units are given, or can be deduced from, Tables 32*a*, 32*b* and 32*c*. See also section 33, Stress.

omoorepeyman.ir

Table 32*a*. Pressure

Exact values are shown in bold type.

	pascal Pa (or newton per square metre N/m²)	newton per square millimetre* N/mm²	hectobar hbar	kilogram-force per square centimetre† kgf/cm²	poundal per square foot pdl/ft²	pound-force per square inch lbf/in²	pound-force per square foot lbf/ft²	UKton-force per square inch tonf/in²	UKton-force per square foot tonf/ft²
1 pascal = 1 newton per square metre Pa = N/m²	**1**	1×10^{-6}	1×10^{-7}	$1.019\,72 \times 10^{-5}$	0.671 969	$1.450\,38 \times 10^{-4}$	0.020 885 4	$6.474\,90 \times 10^{-8}$	$9.323\,85 \times 10^{-6}$
1 newton per square millimetre* N/mm² =	1×10^{6}	**1**	**0.1**	10.1972	671 969	145.038	20 885.4	$6.474\,90 \times 10^{-2}$	9.323 85
1 hectobar hbar =	1×10^{7}	**10**	**1**	101.972	6 719 690	1450.38	208 854	0.647 490	93.2385
1 kilogram-force per square centimetre† kgf/cm² =	$\mathbf{9.806\,65 \times 10^{4}}$	$\mathbf{9.806\,65 \times 10^{-2}}$	$\mathbf{9.806\,65 \times 10^{-3}}$	**1**	65 897.6	14.2233	2 048.16	$6.349\,71 \times 10^{-3}$	0.914 358
1 poundal per square foot pdl/ft² =	1.488 16	$1.488\,16 \times 10^{-6}$	$1.488\,16 \times 10^{-7}$	$1.517\,50 \times 10^{-5}$	**1**	$2.158\,40 \times 10^{-4}$	0.031 081 0	$9.635\,71 \times 10^{-8}$	$1.387\,54 \times 10^{-5}$
1 pound-force per square inch lbf/in² =	$6.894\,76 \times 10^{3}$	$6.894\,76 \times 10^{-3}$	$6.894\,76 \times 10^{-4}$	0.070 307 0	4633.06	**1**	**144**	$4.464\,29 \times 10^{-4}$	0.064 285 7
1 pound-force per square foot lbf/ft² =	47.8803	$4.788\,03 \times 10^{-5}$	$4.788\,03 \times 10^{-6}$	$4.882\,43 \times 10^{-4}$	32.1740	$6.944\,44 \times 10^{-3}$	**1**	$3.100\,20 \times 10^{-6}$	$4.464\,29 \times 10^{-4}$
1 UKton-force per square inch tonf/in² =	$1.544\,43 \times 10^{7}$	15.4443	1.544 43	157.488	$1.037\,81 \times 10^{7}$	**2240**	**322 560**	**1**	**144**
1 UKton-force per square foot tonf/ft² =	$1.072\,52 \times 10^{5}$	0.107 252	$1.072\,52 \times 10^{-2}$	1.093 66	72 069.9	15.5556	**2240**	$6.944\,44 \times 10^{-3}$	**1**

* 1 N/mm² (used for stress in metals) = 1 MN/m² = 1 MPa.
† Also called the kilopond per square centimetre (kp/cm²) and sometimes known as the ' technical atmosphere ' (at). It is equal to 10 mH_2O (see 32.5).
1 kgf/mm² = 100 kgf/cm².

omoorepeyman.ir

Table 32*b*. Pressure *(continued)*

Exact values are printed in bold type.

	pascal Pa (or newton per square metre N/m²)	bar bar	millibar mbar*	standard atmosphere atm	kilogram-force per square centimetre† kgf/cm²	pound-force per square inch lbf/in²	torr‡	(conventional) inch of mercury inHg
1 pascal = 1 newton per square metre = Pa N/m²	**1**	1×10^{-5}	**0.01**	$9.869\ 23 \times 10^{-6}$	$1.019\ 72 \times 10^{-5}$	$1.450\ 38 \times 10^{-4}$	$0.750\ 062 \times 10^{-2}$	$2.953\ 00 \times 10^{-4}$
1 bar = bar	1×10^{5}	**1**	**1000**	0.986 923	1.019 72	14.5038	750.062	29.5300
1 millibar = mbar*	**100**	**0.001**	**1**	$9.869\ 23 \times 10^{-4}$	$1.019\ 72 \times 10^{-3}$	0.014 503 8	0.750 062	0.029 530 0
1 standard atmosphere = atm	**101 325.0**	**1.013 25**	**1013.250**	**1**	1.033 23	14.6959	**760**	29.9213
1 kilogram-force per square centimetre† = kgf/cm²	**98 066.5**	**0.980 665**	**980.665**	0.967 841	**1**	14.2233	735.559	28.9590
1 pound-force per square inch = lbf/in²	6894.76	0.068 947 6	68.9476	0.068 046 0	0.070 307 0	**1**	51.7149	2.036 02
1 torr‡ =	133.322	0.001 333 22	1.333 22	$1.315\ 79 \times 10^{-3}$	$1.359\ 51 \times 10^{-3}$	0.019 336 8	**1**	0.039 370 1
1 (conventional) inch of mercury = inHg	3386.39	0.033 863 9	33.8639	0.033 421 1	0.034 531 6	0.491 154	25.4000	**1**

* The abbreviation mb is used in meteorology.
† This unit is equal to 10 (conventional) metres of water (10 mH_2O), see **32.5**.
‡ To within 1 part in 7 million, the torr is equal to the (conventional) millimetre of mercury (mmHg).

omoorepeyman.ir

Table 32*c*. Pressure *(continued)*

Exact values are printed in bold type.

	pascal Pa (or newton per square metre N/m²)	millibar mbar*	kilogram-force per square metre† kgf/m²	pound-force per square foot lbf/ft²	(conventional) inch of water inH_2O	(conventional) foot of water ftH_2O	(conventional) millimetre of mercury mmHg	(conventional) inch of mercury inHg
1 pascal = 1 newton per square metre Pa N/m² =	**1**	**0.01**	0.101 972	$2.088\ 54 \times 10^{-2}$	$4.014\ 63 \times 10^{-3}$	$3.345\ 53 \times 10^{-4}$	$7.500\ 62 \times 10^{-3}$	$2.953\ 00 \times 10^{-4}$
1 millibar mbar* =	**100**	**1**	10.1972	2.088 54	0.401 463	0.033 455 3	0.750 062	0.029 530 0
1 kilogram-force per square metre† kgf/m² =	**9.806 65**	**0.098 066 5**	**1**	0.204 816	0.039 370 1	$3.280\ 84 \times 10^{-3}$	0.073 555 9	$2.895\ 90 \times 10^{-3}$
1 pound-force per square foot lbf/ft² =	47.8803	0.478 803	4.882 43	**1**	0.192 222	0.016 018 5	0.359 131	0.014 139 0
1 (conventional) inch of water inH_2O =	249.089	2.490 89	**25.4**	5.202 33	**1**	0.083 333 3	1.868 32	0.073 555 9
1 (conventional) foot of water ftH_2O =	2989.07	29.8907	**304.8**	62.4280	**12**	**1**	22.419 8	0.882 671
1 (conventional) millimetre of mercury mmHg =	133.322	1.333 22	**13.595 1**	2.784 50	0.535 240	0.044 603 3	**1**	0.039 370 1
1 (conventional) inch of mercury inHg =	3386.39	33.8639	345.316	70.7262	**13.5951**	1.132 92	**25.4**	**1**

* The abbreviation mb is used in meteorology.
† This unit is equal to the conventional millimetre of water (mmH_2O), see 32.5.

omoorepeyman.ir

Stress
Viscosity (dynamic)

33. Stress (force/area)

Though it is a different physical quantity, stress is naturally treated with pressure, since it is also force divided by area. Many, but not all, of the units mentioned in connection with pressure are used for stress, so the conversion factors in Tables 32*a*, 32*b* and 32*c* will be found useful.

The coherent SI unit of stress is again the pascal (Pa), i.e. the newton per square metre (N/m^2).

Technical units that have been widely used for stresses in metals and some other materials are the kilogram-force per square millimetre (kgf/mm^2), pound-force per square inch (lbf/in^2) and UKton-force per square inch ($UKtonf/in^2$)*. In the change to SI, a practical unit of similar size to the kgf/mm^2 was sought, the first proposal being the hectobar (hbar), which came into some use. However, the hbar is being abandoned in favour of the N/mm^2, which can be otherwise stated as MN/m^2 or MPa:

1 N/mm^2 = 1 MN/m^2 = 1 MPa

1 kgf/mm^2 = **9.806 65** N/mm^2 = **9.806 65** MPa

1 hbar = 100 bar = $10^2 \times 10^5$ N/m^2 = 10 MPa

NOTE. Interconversion factors for these and other units used for stresses are given or can be deduced from Tables 32*a*, 32*b* and 32*c*. See also section 32, Pressure.

34. Viscosity, dynamic (stress/velocity gradient)

34.1 The coherent SI unit of dynamic viscosity is the pascal second (Pa s), which may also be expressed as the newton second per square metre (N s/m^2), or as the kilogram per metre second (kg/(m s)).

This unit has also been called the poiseuille (Pl) in France. (It should be noted that this is not the same as the poise (P), described in **34.2**).

34.2 The poise (P) is the corresponding CGS unit.

1 P = 1 dyn s/cm^2 = 10^{-1} N s/m^2 = 10^{-1} Pa s.

The commonly used submultiple is the centipoise (cP).

1 cP = 10^{-2} P = 10^{-3} Pa s.

34.3 Other metric and imperial units that have been used for dynamic viscosity are:

kilogram-force second per square metre		(kgf s/m^2)
poundal second per square foot	= pound per foot second, lb/(ft s)	(pdl s/ft^2)
pound-force second per square foot	= slug per foot second, slug/(ft s)	(lbf s/ft^2)
pound force hour per square foot	= slug hour per foot second squared, slug h/($ft\ s^2$)	(lbf h/ft^2)
pound-force second per square inch†		(lbf s/in^2)
pound per foot hour		(lb/ft h)

1 kgf s/m^2 = **9.806 65** Pa s

1 pdl s/ft^2 = 1.488 16 Pa s

1 lbf s/ft^2 = 47.8803 Pa s

1 lbf h/ft^2 = $1.723\ 69 \times 10^5$ Pa s

†1 lbf s/in^2 = 6894.76 Pa s

1 lb/ft h = $4.133\ 79 \times 10^{-4}$ kg/(m s) = $4.133\ 79 \times 10^{-4}$ Pa s

NOTE. For reference to frequently used but empirical units of viscosity, such as the Redwood second, see section 35, Viscosity, kinematic.

Interconversion factors for most of these units are given in Table 34.

* In the USA, the expression ' k.s.i.' is often used to signify kips per square inch (i.e. 1000 lbf/in^2).

† Sometimes called the ' reyn '.

omoorepeyman.ir

Table 34. Viscosity (dynamic)

Exact values are printed in bold type.

	pascal second Pa s	centipoise cP	kilogram-force second per square metre kgf s/m²	poundal second per square foot pdl s/ft²	pound-force second per square foot lbf s/ft²	pound-force hour per square foot lbf h/ft²
1 pascal second Pa s =	**1**	**1000**	0.101 972	0.671 969	$2.088\ 54 \times 10^{-2}$	$5.801\ 51 \times 10^{-6}$
1 centipoise cP =	**0.001**	**1**	$1.019\ 72 \times 10^{-4}$	$6.719\ 69 \times 10^{-4}$	$2.088\ 54 \times 10^{-5}$	$5.801\ 51 \times 10^{-9}$
1 kilogram-force second per square metre kgf s/m² =	**9.806 65**	**9806.65**	**1**	6.589 76	0.204 816	$5.689\ 34 \times 10^{-5}$
1 poundal second per square foot (=1 lb/(ft s)) pdl s/ft² =	1.488 16	1488.16	0.151 750	**1**	0.031 081 0	$8.633\ 60 \times 10^{-6}$
1 pound-force second per square foot (=1 slug/(ft s)) lbf s/ft² =	47.8803	47 880.3	4.882 43	32.1740	**1**	$2.777\ 78 \times 10^{-4}$
1 pound-force hour per square foot lbf h/ft² =	$1.723\ 69 \times 10^{5}$	$1.723\ 69 \times 10^{8}$	$1.757\ 67 \times 10^{4}$	$1.158\ 27 \times 10^{5}$	**3600**	**1**

NOTE. 1 lb/(ft h) = 4.13379×10^{-4} kg/(m s) = 4.13379×10^{-4} Pa s (see **34.3**).

omoorepeyman.ir

35. Viscosity, kinematic (length squared/time)

35.1 The coherent SI unit of kinematic viscosity (which is dynamic viscosity divided by density) is the metre squared per second (m^2/s).

35.2 The corresponding CGS unit is the stokes (St).

1 St = 1 cm^2/s = 10^{-4} m^2/s

The common submultiple is the centistokes (cSt).

1 cSt = 10^{-2} St = 10^{-6} m^2/s (= 1 mm^2/s)

35.3 Another metric unit sometimes used is the metre squared per hour (m^2/h).

1 m^2/h = 2.777 78 × 10^{-4} m^2/s

35.4 A selection of imperial units is:

inch squared per second	in^2/s
foot squared per second	ft^2/s
inch squared per hour	in^2/h
foot squared per hour	ft^2/h

1 in^2/s = **6.4516** × 10^{-4} m^2/s

1 ft^2/s = 9.290 30 × 10^{-2} m^2/s

1 in^2/h = 1.792 11 × 10^{-7} m^2/s

1 ft^2/h = **2.580 64** × 10^{-5} m^2/s

35.5 The units referred to in **35.1** to **35.4** are absolute units with physical dimensions, as distinct from values on frequently used but empirical scales such as Redwood No. 1, Saybolt Universal, and Engler degrees. For tables from which viscosity values in these empirical scales may be converted to centistokes see ESDU* Item No. 68036, sponsored by the Institution of Mechanical Engineers.

Interconversion factors for the units in 35.1 to 35.4 are given in Table 35. Note that this table may be used for the conversion of values of thermal diffusivity, which also has the dimensions of length squared/time.

* ESDU Item No. 68036 'Introductory memorandum on the viscosity of liquids and the classification of lubricating oils' obtainable from:
Engineering Sciences Data Unit, 251-259 Regent Street, London W1R 7AD.

omoorepeyman.ir

Table 35. Viscosity (kinematic)

Exact values are printed in bold type.

	metre squared per second m^2/s	centistokes cSt	inch squared per second in^2/s	foot squared per second ft^2/s	inch squared per hour in^2/h	foot squared per hour ft^2/h	metre squared per hour m^2/h
1 metre squared per second = m^2/s	**1**	$\mathbf{1 \times 10^6}$	$1.550\ 00 \times 10^3$	10.7639	$5.580\ 01 \times 10^6$	$3.875\ 01 \times 10^4$	**3600**
1 centistokes = cSt	$\mathbf{1 \times 10^{-6}}$	**1**	$1.550\ 00 \times 10^{-3}$	$1.076\ 39 \times 10^{-5}$	5.580 01	$3.875\ 01 \times 10^{-2}$	**0.0036**
1 inch squared per second = in^2/s	$\mathbf{6.4516 \times 10^{-4}}$	**645.16**	**1**	$6.944\ 44 \times 10^{-3}$	**3600**	**25**	2.322 58
1 foot squared per second = ft^2/s	$9.290\ 30 \times 10^{-2}$	92 903.0	**144**	**1**	**518 400**	**3600**	334.451
1 inch squared per hour = in^2/h	$1.792\ 11 \times 10^{-7}$	0.179 211	$2.777\ 78 \times 10^{-4}$	$1.929\ 01 \times 10^{-6}$	**1**	$6.944\ 44 \times 10^{-3}$	$\mathbf{6.4516 \times 10^{-4}}$
1 foot squared per hour = ft^2/h	$\mathbf{2.580\ 64 \times 10^{-5}}$	**25.8064**	**0.04**	$2.777\ 78 \times 10^{-4}$	**144**	**1**	0.092 903 0
1 metre squared per hour = m^2/h	$2.777\ 78 \times 10^{-4}$	277.778	0.430 556	$2.989\ 98 \times 10^{-3}$	1550.00	10.7639	**1**

NOTE. This table may also be used for the conversion of values of thermal diffusivity (area/time), for which the conversion factors employed are the same as those for kinematic viscosity.

omoorepeyman.ir

36. Energy (work, heat, etc.)

36.1 The coherent SI unit for the expression of *all forms* of energy is the joule (symbol J).

Just as energy arises in many ways, the connection between the joule and other SI units may be indicated in different ways, e.g.:

1 J = 1 N m (force × distance, newton metre)
= 1 W s (electrical energy, watt second)
= 1 Pa m^3 (pressure × volume, pascal cubic metre)

(This unit was, prior to the SI, known as the absolute joule, but it is now simply the joule (J). The 'international' joule, which became obsolete in 1948, was approximately equal to 1.000 19 J.)

36.2 Arising from the historical development of the SI from the CGS system, the unit of energy in the CGS system (the erg) is decimally related to the joule.

1 erg = 1 dyn cm = 1×10^{-5} N × 0.01 m
= 10^{-7} N m = 10^{-7} J

36.3 A unit in extensive use for the expression of electrical energy is the kilowatt hour (kW h).

1 kW h = 1 × 1000 × W × 3600 s
= 3.6×10^6 W s = **3.6 MJ**

36.4 Two other metric units used for the expression of energy are the kilogram-force metre* (kfg m) and the litre atmosphere.

1 kgf m = 9.806 65 N m = **9.806 65 J**
1 litre atmosphere = 1 dm^3 × 101 325 Pa = 101.325 Pa m^3
= **101.325 J**

(The litre used here is equal to 1 decimetre cubed (see **4.3**), and the atmosphere used is the standard atmosphere (see **32.6**).)

36.5 Some corresponding imperial units used for the statement of energy are the foot poundal (ft pdl), the foot pound-force (ft lbf) and the horsepower hour (hp h).

1 ft pdl = 1 × 0.3048 m × 0.453 592 37 × 0.3048 N (see **31.3**)
= 0.042 140 1 J (approx.)
1 ft lbf = 1 × 0.3048 m × 0.453 592 37 × 9.806 65 N (see **31.3**)
= 1.355 82 J (approx.)
1 hp h = 550 ft lbf/s × 3600 s (see **37.3**)
= 1.98×10^6 ft lbf
= $2.684\ 52 \times 10^6$ J (approx.)

36.6 Heat units. Heat is one of the forms of energy and, as stated above, the SI unit for all forms is the joule. The following heat units originally arose from the concept of the heat required to warm unit mass of water through unit temperature, but some of these are now precisely defined in terms of the joule:

the various *calories* (originally relating to the gram of water and the degree Celsius);
the various *British thermal units* (originally relating to the pound of water and degree Fahrenheit); and
the various *Centigrade heat units* (based on the pound of water and the degree Celsius).

The specific heat capacity of water changes with temperature and a number of different calories, British thermal units, and Centigrade heat units came into use according to their means of definition.

Three of the calories are still in some practical use and in precise work need to be separately identified. These are the International Table calorie (cal_{IT}), the thermochemical calorie (cal_{th}) and the 15 °C calorie (cal_{15}) described below:

Amended July 1981

1 cal_{IT} = **4.1868 J** (as defined at the Fifth International Conference on Properties of Steam, London 1956).
1 cal_{th} = **4.1840** J (a 'defined' calorie).
1 cal_{15} = 4.1855 J (approx.) (This is defined as the amount of heat required to warm 1 g of air-free water from 14.5 °C to 15.5 °C at a constant pressure of 1 atm. The joule equivalent shown above was adopted by the CIPM in 1950 as being the most accurate value which could then be deduced from experiment.)

Associated with the cal_{15} are the thermie (th), also sometimes described as the 'tonne-calorie' and the frigorie, used in connection with the extraction of heat.

1 thermie = 10^6 cal_{15} = 4.1855 MJ (approx.)
1 frigorie = -10^3 cal_{15} = −4.1855 kJ (approx.)

* Known as the kilopond metre (kp m) in Germany.

omoorepeyman.ir

The ' calorie ' commonly referred to in nutritional science is in fact a kilocalorie, which is sometimes called a ' kilogram-caloric ' or ' large calorie '. In this standard, if the symbol cal is used without qualification, it refers to the International Table calorie (cal_{IT}). (The dietitians calorie is based on the cal_{15}.)

The most important British thermal unit (Btu), and the one used throughout this standard, is the one corresponding to the International Table calorie and is defined by the equation:

1 Btu/lb = **2.326** J/g

thus 1 Btu = 2.326 × 453.592 37 J = 1055.06 J (approx.)

Among other British thermal units formerly in use but now obsolescent are:

the ' 60 °F British thermal unit ' (heat required to warm 1 lb of water from 60 °F to 61 °F).

1 $Btu_{60/61}$ = 1054.5 J (approx.)

the ' mean British thermal unit ' (1/180 of the heat required to warm 1 lb of liquid water from 32 °F to 212 °F).

1 Btu_{mean} = 1055.8 J (approx.)

The British thermal unit used for most purposes by the British Gas Industry relates to the 15 °C calorie and is equal to:

$$2.326 \times 453.592\ 37\ \text{J} \times \frac{4.1855}{4.1868} = 1054.73\ \text{J (approx.)}$$

Associated with the Btu is the therm, used as an energy unit by the Gas Industry.

1 therm = 100 000 Btu = 105.5 MJ (approx.)

The ' Centigrade heat unit ' (C.H.U.), based on the lb of water and the °C, is still sometimes used.

1 C.H.U. = 1.8 Btu (but to each British thermal unit there corresponds a Centigrade heat unit)

1 $C.H.U._{mean}$ = 1.8 Btu_{mean} = 1900.4 J (approx.)

For interconversion factors for most of the above units see Tables 36*a* and 36*b*.

omoorepeyman.ir

Table 36*a*. Energy

Exact values are printed in bold type.

	joule J	kilowatt hour kW h	kilogram-force metre kgf m	litre* atmosphere	foot poundal ft pdl	foot pound-force ft lbf	horsepower hour hp h
1 joule J =	**1**	$2.777\ 78 \times 10^{-7}$	0.101 972	$0.986\ 923 \times 10^{-2}$	23.7304	0.737 562	$3.725\ 06 \times 10^{-7}$
1 kilowatt hour kW h =	$\mathbf{3.6 \times 10^{6}}$	**1**	$3.670\ 98 \times 10^{5}$	$3.552\ 92 \times 10^{4}$	$8.542\ 93 \times 10^{7}$	$2.655\ 22 \times 10^{6}$	1.341 02
1 kilogram-force metre kgf m =	**9.806 65**	$2.724\ 07 \times 10^{-6}$	**1**	0.096 784 1	232.715	7.233 01	$3.653\ 04 \times 10^{-6}$
1 litre* atmosphere =	**101.325**	$2.814\ 58 \times 10^{-5}$	10.3323	**1**	2404.48	74.7335	$3.774\ 42 \times 10^{-5}$
1 foot poundal ft pdl =	0.042 140 1	$1.170\ 56 \times 10^{-8}$	0.004 297 10	$4.158\ 91 \times 10^{-4}$	**1**	0.031 081 0	$1.569\ 74 \times 10^{-8}$ *
1 foot pound-force ft lbf =	1.355 82	$3.766\ 16 \times 10^{-7}$	0.138 255	$1.338\ 09 \times 10^{-2}$	32.1740	**1**	$5.050\ 51 \times 10^{-7}$
1 horsepower hour hp h =	$2.684\ 52 \times 10^{6}$	0.745 700	$2.737\ 45 \times 10^{5}$	$2.649\ 41 \times 10^{4}$	$6.370\ 46 \times 10^{7}$	$\mathbf{1.98 \times 10^{6}}$	**1**

* The litre used here is equal to one decimetre cubed. (See 4.3.)

omoorepeyman.ir

Table 36*b*. Energy *(continued)*

Exact values are printed in bold type.

		joule J	kilowatt hour kW h	foot pound-force ft lbf	horsepower hour hp h	calorie* cal (cal_{IT})	thermochemical calorie cal_{th}	15 °C calorie cal_{15}	British thermal unit Btu
1 joule J	=	**1**	$2.777\ 78 \times 10^{-7}$	0.737 562	$3.725\ 06 \times 10^{-7}$	0.238 846	0.239 006	0.238 920	$9.478\ 17 \times 10^{-4}$
1 kilowatt hour kW h	=	$\mathbf{3.6 \times 10^{6}}$	**1**	$2.655\ 22 \times 10^{6}$	1.341 02	859 845	860 421	860 112	3412.14
1 foot pound-force ft lbf	=	1.355 82	$3.766\ 16 \times 10^{-7}$	**1**	$5.050\ 51 \times 10^{-7}$	0.323 832	0.324 048	0.323 932	$1.285\ 07 \times 10^{-3}$
1 horsepower hour hp h	=	$2.684\ 52 \times 10^{6}$	0.745 700	$\mathbf{1.98 \times 10^{6}}$	1	641 186	641 616	641 386	2544.43
1 calorie* cal (cal_{IT})	=	**4.1868**	$\mathbf{1.163 \times 10^{-6}}$	3.088 03	$1.559\ 61 \times 10^{-6}$	**1**	1.000 67	1.000 31	$3.968\ 32 \times 10^{-3}$
1 thermochemical calorie cal_{th}	=	**4.184**	$1.162\ 22 \times 10^{-6}$	3.085 96	$1.558\ 57 \times 10^{-6}$	0.999 331	**1**	0.999 642	$3.965\ 67 \times 10^{-3}$
1 15 °C calorie cal_{15}	=	4.1855	$1.162\ 64 \times 10^{-6}$	3.087 07	$1.559\ 12 \times 10^{-6}$	0.999 690	1.000 36	**1**	$3.967\ 09 \times 10^{-3}$
1 British thermal unit Btu	=	1055.06	$2.930\ 71 \times 10^{-4}$	778.169	$3.930\ 15 \times 10^{-4}$	251.996	252.164	252.074	**1**

* This is the International Table calorie. For a description of the three calories mentioned here, see 36.6.
1 thermie (th) = 10^{6} cal_{15}.

omoorepeyman.ir

37. Power (energy/time)

37.1 The coherent SI unit for all forms of power, including heat flow rate, is the watt (symbol W), which is equal to the joule per second.

1 W = 1 J/s

The kilowatt (kW) is a commonly-used multiple of the watt.

37.2 Two metric technical units of power are the kilogram-force metre per second (kgf m/s) and the metric horsepower*.

Amended July 1982

1 kgf m/s = 9.806 65 J/s = **9.806 65** W

1 metric horsepower = 75 kgf m/s = 735.499 W

37.3 Similar technical units in the imperial system are the foot pound-force per second (ft lbf/s) and the horsepower (hp).

1 ft lbf/s = 1.355 82 J/s (see **36.5**) = 1.355 82 W

1 hp = 550 ft lbf/s = 745.700 W

37.4 The following is a selection of heat flow units shown in terms of the watt:

calorie per second	1 cal/s = **4.1868** W	see **36.6**
kilocalorie per hour	1 kcal/h = **1.163** W	
British thermal unit per hour	1 Btu/h = 0.293 071 W	

' ton of refrigeration ' = 12 000 Btu/h = 3.516 85 kW

For interconversion factors for most of the above units see Table 37.

* The metric horsepower goes under the name ' cheval vapeur ' in France and sometimes the symbols ch or CV are used. In Germany it is called the ' Pferdestärke ' (symbol PS).

omoorepeyman.ir

Table 37. Power

Exact values are printed in bold type.

		watt W	kilogram-force metre per second kgf m/s	metric horsepower	foot pound-force per second ft lbf/s	horsepower hp	calorie* per second cal/s	kilocalorie* per hour kcal/h	British thermal unit per hour Btu/h
1 watt W	=	**1**	0.101 972	$1.359\ 62 \times 10^{-3}$	0.737 562	$1.341\ 02 \times 10^{-3}$	0.238 846	0.859 845	3.412 14
1 kilogram-force metre per second kgf m/s	=	**9.806 65**	**1**	0.013 333 3	7.233 01	0.013 150 9	2.342 28	8.432 20	33.4617
1 metric horsepower	=	735.499	**75**	**1**	542.476	0.986 320	175.671	632.415	2509.63
1 foot pound-force per second ft lbf/s	=	1.355 82	0.138 255	$1.843\ 40 \times 10^{-3}$	**1**	$1.818\ 18 \times 10^{-3}$	0.323 832	1.165 79	4.626 24
1 horsepower hp	=	745.700	76.0402	1.013 87	**550**	**1**	178.107	641.186	2544.43
1 calorie* per second cal/s	=	**4.1868**	0.426 935	$5.692\ 46 \times 10^{-3}$	3.088 03	$5.614\ 59 \times 10^{-3}$	**1**	**3.6**	14.2860
1 kilocalorie* per hour kcal/h	=	**1.163**	0.118 593	$1.581\ 24 \times 10^{-3}$	0.857 785	$1.559\ 61 \times 10^{-3}$	0.277 778	**1**	3.968 32
1 British thermal unit per hour Btu/h	=	0.293 071	$2.988\ 49 \times 10^{-2}$	$3.984\ 66 \times 10^{-4}$	0.216 158	$3.930\ 15 \times 10^{-4}$	0.069 998 8	0.251 996	**1**

* This refers to the International Table calorie. See also 36.6.

omoorepeyman.ir

38. Temperature, including temperature difference or interval

38.1 The SI unit of temperature is the kelvin (K). It is one of the base units of the SI and is defined as a specified fraction ($\frac{1}{273.16}$) of the thermodynamic temperature of the triple point* of water. The kelvin is used for the expression of thermodynamic temperature, for which the datum is absolute zero; it can also be used for the expression of any temperature difference or temperature interval.

38.2 The temperature unit in most practical use in metric countries, and recognized for use in conjunction with the SI, is the degree Celsius (°C). The now incorrect term 'Centigrade' is still in widespread use for Celsius. The zero datum for Celsius temperature (0 C) is now exactly defined by the thermodynamic temperature 273.15 K; formerly it was defined by the melting point of ice at 1 atm. The units of temperature difference, one degree Celsius and one kelvin, are exactly equal, by definition. In this sense

1 °C = 1 K

and any temperature difference therefore has the same numerical value when expressed in °C as it has when expressed in K.

For formulae showing the interrelationships between Celsius temperatures and thermodynamic temperatures expressed in kelvins, and some other temperatures mentioned below, see Table 38.

38.3 Traditional in practical use in the UK and USA is Fahrenheit temperature, now being rapidly displaced by Celsius. The Fahrenheit scale is not formally defined, but it is generally recognized that:

32 °F is the ice point

212 °F is the boiling point of water at 1 atm

and that the unit of temperature difference one degree Fahrenheit (1 °F) is equal to five ninths of the unit of temperature difference the degree Celsius (1 °C). In this sense

$$1\ °F = \left(\frac{5}{9}\ °C\right) = \left(\frac{5}{9} K\right)$$

For formulae giving the interrelationship between Fahrenheit, Celsius, and other temperatures see Table 38.

38.4 For thermodynamic temperatures, the degree Rankine (°R) is still occasionally used. The unit interval of the degree Rankine is equal to 1 °F, a thermodynamic temperature of 0 °R being absolute zero. See Table 38.

38.5 In the last edition of this standard, for *temperature interval* the letters 'deg' were recommended, instead of the degree sign (°) which was reserved for *temperature*. In 1967-68, the 13th CGPM considered the arguments for and against this practice and decided to recommend that the use of 'deg' should be discontinued.

38.6 For the purpose of practical measurements the CIPM adopted in 1968 the 'International Practical Temperature Scale of 1968', IPTS - 68, based on reproducible fixed points and interpolation instruments and procedures. The IPTS - 68 has been designed so that the International Practical Kelvin and Celsius temperatures closely approximate the Kelvin and Celsius temperatures described in **38.1** and **38.2**. The IPTS - 68 is defined only from a thermodynamic temperature of 13.81 K upwards.

* The temperature at the triple point of water, (where water, ice, and water vapour are in equilibrium) is very slightly removed from the temperature of the melting point of ice at atmospheric pressure (the ice point).

omoorepeyman.ir

Table 38. Equivalent values on four temperature scales

For the same temperature, if $[T]$ K, $[\theta]$ °C, $[t]$ °F and $[r]$ °R represent that temperature on the Kelvin, Celsius, Fahrenheit and Rankine scales respectively, then the formulae relating the pure numbers $[T]$, $[\theta]$, $[t]$ and $[r]$ are as shown below.

(kelvins)	$/T/ = /\theta/ + 273.15$	$= \frac{5}{9}(/t/ + 459.67)$	$= \frac{5}{9}/r/$	
(degrees Celsius)	$/\theta/ = /T/ - 273.15$	$= \frac{5}{9}(/t/ - 32)$	$= \frac{5}{9}(/r/ - 491.67)$	
(degrees Fahrenheit)	$/t/ = \frac{9}{5}/T/ - 459.67$	$= \frac{9}{5}/\theta/ + 32$	$= /r/ - 459.67$	
(degrees Rankine)	$/r/ = \frac{9}{5}/T/$	$= \frac{9}{5}/\theta/ + 491.67$	$= /t/ + 459.67$	

NOTE. **Temperature difference.** For the same temperature difference:

(temperature difference in °C or K) $= \frac{5}{9}$ (temperature difference in °F or °R).

39. Specific energy [(energy or heat)/mass]

39.1 There are several different terms for energy per unit mass which are used in different contexts, e.g.
specific enthalpy
specific latent heat
calorific value, mass basis
The SI unit for all such quantities is the joule per kilogram (J/kg).

39.2 Other units sometimes used in metric countries are:
kilocalorie per kilogram (kcal/kg) (see **36.6**)
kilogram-force metre per kilogram (kgf m/kg)
1 $kcal_{IT}$/kg = **4186.8** J/kg
1 $kcal_{th}$/kg = **4184** J/kg
1 $kcal_{15}$/kg = 4185.5 J/kg (approx.)
1 kgf m/kg = **9.806 65** J/kg

39.3 Corresponding imperial units are:
British thermal unit per pound (Btu/lb)
foot pound-force per pound (ft lbf/lb)
1 Btu/lb = **2326** J/kg
1 ft lbf/lb = 2.989 07 J/kg (approx.)

For interconversion factors see Table 39.

omoorepeyman.ir

Table 39. Specific energy (e.g. calorific value, mass basis; specific latent heat; enthalpy)

Exact values are printed in bold type.

	joule per kilogram J/kg	kilocalorie* per kilogram $kcal_{IT}/kg$	thermochemical kilocalorie per kilogram $kcal_{th}/kg$	15 °C kilocalorie per kilogram $kcal_{15}/kg$	British thermal unit per pound Btu/lb	foot pound-force per lb ft lbf/lb	kilogram-force metre per kilogram kgf m/kg
1 joule per kilogram J/kg =	**1**	$0.238\ 846 \times 10^{-3}$	$0.239\ 006 \times 10^{-3}$	$0.238\ 920 \times 10^{-3}$	$0.429\ 923 \times 10^{-3}$	0.334 553	0.101 972
1 kilocalorie* per kilogram $kcal_{IT}/kg$ =	**4186.8**	**1**	1.000 67	1.000 31	**1.8**	1400.70	426.935
1 thermochemical kilocalorie per kilogram $kcal_{th}/kg$ =	**4184**	0.999 331	**1**	0.999 642	1.798 80	1399.77	426.649
1 15 °C kilocalorie per kilogram $kcal_{15}/kg$ =	4185.5	0.999 690	1.000 36	**1**	1.799 44	1400.27	426.802
1 British thermal unit per pound Btu/lb =	**2326**	0.555 556	0.555 927	0.555 728	**1**	778.169	237.186
1 foot pound-force per pound ft lbf/lb =	2.989 07	$7.139\ 26 \times 10^{-4}$	$7.144\ 04 \times 10^{-4}$	$7.141\ 48 \times 10^{-4}$	$1.285\ 07 \times 10^{-3}$	**1**	**0.3048**
1 kilogram-force metre per kilogram kgf m/kg =	**9.806 65**	$2.342\ 28 \times 10^{-3}$	$2.343\ 85 \times 10^{-3}$	$2.343\ 01 \times 10^{-3}$	$4.216\ 10 \times 10^{-3}$	3.280 84	**1**

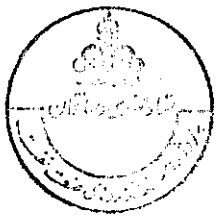
* This is the International Table kilocalorie. For a description of the three calories mentioned here see 36.6.

omoorepeyman.ir

40. Heat content, volume basis (heat/volume) e.g. calorific value, volume basis

40.1 The SI unit for this quantity, which is mainly used in connection with the combustion of gaseous or liquid fuels, is the joule per cubic metre (J/m^3). For most practical purposes either the kJ/m^3 or MJ/m^3 are suitable multiples.

40.2 Units that have been in common use in metric countries are:
kilocalorie per cubic metre ($kcal/m^3$) (see **36.6** for the various calories)
thermie per litre (th/litre)
1 $kcal_{IT}/m^3$ = **4186.8** J/m^3
1 $kcal_{th}/m^3$ = **4184** J/m^3
1 $kcal_{15}/m^3$ = 4185.5 J/m^3
1 thermie/litre = 4185.5×10^6 J/m^3 (see **4.3** for litre)



40.3 Corresponding imperial units are:
British thermal unit per cubic foot (Btu/ft^3)
therm per UK gallon (therm/UKgal)
1 Btu/ft^3 = 37 258.9 J/m^3
1 therm/UKgal = $2.320\,80 \times 10^{10}$ J/m^3

40.4 In the above and in Table 40*a* it is assumed that, where *gases* are concerned, the volumes involved in the conversion have the same reference conditions of temperature, pressure and humidity. For some conversions of calorific value (volume basis), when the reference conditions are different, see Tables 40*b* and 40*c*.

omoorepeyman.ir

Table 40*a*. Calorific value, volume basis

Exact values are printed in bold type.

		joule per cubic metre J/m^3	kilocalorie* per cubic metre $kcal_{IT}/m^3$	thermochemical kilocalorie per cubic metre $kcal_{th}/m^3$	15 °C kilocalorie per cubic metre $kcal_{15}/m^3$	British thermal unit per cubic foot† Btu/ft^3	therm per UK gallon therm/UKgal	thermie per litre‡ th/litre
1 joule per cubic metre J/m^3	=	**1**	$0.238\,846 \times 10^{-3}$	$0.239\,006 \times 10^{-3}$	$0.238\,920 \times 10^{-3}$	26.8392×10^{-6}	$4.308\,86 \times 10^{-11}$	$2.389\,20 \times 10^{-10}$
1 kilocalorie* per cubic metre $kcal_{IT}/m^3$	=	**4186.8**	**1**	1.000 67	1.000 31	0.112 370	$1.804\,04 \times 10^{-7}$	$1.000\,31 \times 10^{-6}$
1 thermochemical kilocalorie per cubic metre $kcal_{th}/m^3$	=	**4184**	0.999 331	**1**	0.999 642	0.112 295	$1.802\,83 \times 10^{-7}$	$0.999\,642 \times 10^{-6}$
1 15 °C kilocalorie per cubic metre $kcal_{15}/m^3$	=	4185.5	0.999 690	1.000 36	**1**	0.112 335	$1.803\,47 \times 10^{-7}$	1×10^{-6}
1 British thermal unit per cubic foot† Btu/ft^3	=	37 258.9	8.899 15	8.905 10	8.901 91	**1**	$1.605\,44 \times 10^{-6}$	$8.901\,91 \times 10^{-6}$
1 therm per UK gallon therm/UKgal	=	$2.320\,80 \times 10^{10}$	$5.543\,13 \times 10^{6}$	$5.546\,84 \times 10^{6}$	$5.544\,85 \times 10^{6}$	$6.228\,83 \times 10^{5}$	**1**	5.544 85
1 thermie per litre‡ th/litre	=	4185.5×10^{6}	$0.999\,690 \times 10^{6}$	$1.000\,36 \times 10^{6}$	1×10^{6}	$0.112\,335 \times 10^{6}$	0.180 347	**1**

* This is the International Table kilocalorie. For a description of the three calories mentioned see **36.6.**
† 1 $therm/ft^3$ = 10^5 Btu/ft^3.
‡ The litre here = 1 dm^3. See **4.3.**

NOTE. In this table, where gases are concerned, it is assumed that the volumes involved in the conversion are measured under the same conditions of temperature, pressure and humidity. (See also Tables 40*b* and 40*c*).

omoorepeyman.ir

Table 40*b*. Calorific value of gases, volume basis (with differing reference conditions)

	Btu/ft³ (60 °F, 30 inHg · wet)	kJ/m³ (0 °C, 760 mmHg dry)	kJ/m³ (15 °C, 760 mmHg dry)	kcal/m³ (0 °C, 760 mmHg dry)	kcal/m³ (0 °C, 760 mmHg wet)	kcal/m³ (15 °C, 760 mmHg dry)	kcal/m³ (15 °C, 760 mmHg wet)	kcal/m³ (60 °F, 30 inHg wet)
1 Btu/ft³ (60 °F, 30 inHg, wet) =	1	39.972	37.891	9.5471	9.4895	9.0501	8.8980	8.8991
1 kJ/m³ (0 °C, 760 mmHg, dry) =	0.025 018							
1 kJ/m³ (15 °C, 760 mmHg, dry) =	0.026 392							
1 kcal/m³ (0 °C, 760 mmHg, dry) =	0.104 74							
1 kcal/m³ (0 °C, 760 mmHg, wet) =	0.105 38							
1 kcal/m³ (15 °C, 760 mmHg, dry) =	0.110 50							
1 kcal/m³ (15 °C, 760 mmHg, wet) =	0.112 38							
1 kcal/m³ (60 °F, 30 inHg, wet) =	0.112 37							

The values of the vapour pressure of water used in the computation of the factors given in this table are as follows:

Temperature	Vapour pressure mmHg
0 °C	4.581
15 °C	12.771
60 °F	13.235

For the definition of pressure units mmHg and inHg see **32.5**.

NOTE 1. In this table the designation ' wet ' means ' saturated with water vapour at the temperature stated '.
NOTE 2. 760 mmHg = 1 atm = 1013.25 mbar = 101.325 kPa.
30 inHg = 762 mmHg = 1015.92 mbar = 101.592 kPa.
NOTE 3. For historical and legal reasons, the reference bases of conversion factors for calorific value used by the United Kingdom Gas Industry differ in some respects from those in Table 40*b*. (See Table 40*c* and the notes under that table).

omoorepeyman.ir

Table 40c. Conversion factors used by the UK Gas Industry

The following information and conversion factors are extracted from the booklet ' SI Units and conversion factors for use in the British Gas Industry ' issued by the Gas Council and Society of British Gas Industries, May 1972 edition.

The conversion factor for converting from British thermal units per cubic foot (measured at 60 °F, 30 inches Hg (@ 60 °F 53 °N) and saturated with water) to megajoules per standard cubic metre (measured at 15 °C 1013.25 mbar and dry) is:

1 Btu/ft³ = 0.037 96 MJ/m³ 1 MJ/m³ = 26.34 Btu/ft³

Other conversion factors for various conditions are given in the table below.

Whereas two bases for the British thermal unit are included, for practical purposes there is no significant difference between them. In the gas industry the British thermal unit is based on the 15 ° calorie.

		MJ/m³ 15 °C 1013.25 mbar		Btu/ft³ 60 °F, 30 inches Hg (IT calorie)		Btu/ft³ 60 °F, 30 inches Hg (15 ° calorie)	
		Dry	Sat	Dry	Sat	Dry	Sat
MJ/m³ 15 °C 1013.25 mbar	Dry	1	0.9832	26.80	26.33	26.81	26.34
	Sat	1.017	1	27.26	26.78	27.27	26.79
Btu/ft³ 60 °F 30 inches Hg (International calorie basis)	Dry	0.037 31	0.036 69	1	0.9826	1.000	0.9829
	Sat	0.037 97	0.037 34	1.018	1	1.018	1.000
Btu/ft³ 60 °F 30 inches Hg (15 ° calorie basis)	Dry	0.037 30	0.036 67	0.9997	0.9823	1	0.9826
	Sat	0.037 96	0.037 32	1.017	0.9997	1.018	1

NOTE. (This note is for users of BS 350 and is not part of the GC/SBGI booklet.)

Attention is called to the following differences in the reference bases of Tables 40*b* and 40*c*.

(1) In Table 40*b* the only British thermal unit used is the one corresponding to the International Table calorie (see **36.6**). In Table 40*c* this Btu is indicated by the parentheses (International calorie basis) or (IT calorie), and factors relating to a Btu based on the 15 °C calorie are stated in the preamble above the table and included in the table.

(2) The pressure ' 30 inches Hg ' as shown and under the conditions stated in Table 40*c* is given as being equal to 1013.7405 mbar. The pressure 30 inHg shown in Table 40*b* (and as defined at **32.5**) is, approximately, 1015.9166 mbar.

41. Specific heat capacity * [heat/(mass × temperature interval)]

41.1 The SI unit of specific heat capacity is the joule per kilogram kelvin (J/(kg K)).

41.2 The degree Celsius is often used in the expression of the above unit:

1 J/(kg °C) = 1 J/(kg K)

and a similar remark applies wherever kelvin or K is mentioned in the remainder of section **41**.

41.3 Other metric units are:

kilocalorie per kilogram kelvin (kcal/(kg K)) (See **38.6** for the various calories.)

kilogram-force metre per kilogram kelvin (kgf m/(kg K))

1 $kcal_{IT}$/(kg K) = **4186.8** J/(kg K)

1 $kcal_{th}$/(kg K) = **4184** J/(kg K)

1 $kcal_{15}$/(kg K) = 4185.5 J/(kg K)

1 kgf m/(kg K) = **9.806 65** J/(kg K)

41.4 Corresponding imperial units are:

British thermal unit per pound degree Fahrenheit (Btu/(lb °F))

foot pound-force per pound degree Fahrenheit (ft lbf/(lb °F))

1 Btu/(lb °F) = **4186.8** J/(kg K)

1 ft lbf/(lb °F) = 5.380 32 J/(kg K)

For interconversion factors for the above units see Table 41.

* The older and simpler term ' specific heat ' referred to heat capacities, usually on a mass basis but sometimes on a volume basis. It is now preferred to reserve for ' specific ' the meaning ' per unit mass '.

omoorpeyman.ir

Table 41. Specific heat, mass basis

Exact values are printed in bold type.

		joule per kilogram kelvin* J/(kg K)	kilocalorie† per kilogram kelvin $kcal_{IT}$/(kg K)	thermochemical kilocalorie per kilogram kelvin $kcal_{th}$/(kg K)	15 °C kilocalorie per kilogram kelvin $kcal_{15}$/(kg K)	British thermal unit per pound degree Fahrenheit Btu/(lb °F)	foot pound-force per pound degree Fahrenheit ft lbf/(lb °F)	kilogram-force metre per kilogram kelvin kgf m/(kg K)
1 joule per kilogram kelvin* J/(kg K)	=	1	$0.238\,846 \times 10^{-3}$	$0.239\,006 \times 10^{-3}$	$0.238\,920 \times 10^{-3}$	$0.238\,846 \times 10^{-3}$	0.185 863	0.101 972
1 kilocalorie† per kilogram kelvin $kcal_{IT}$/(kg K)	=	**4186.8**	1	1.000 67	1.000 31	1	778.169	426.935
1 thermochemical kilocalorie per kilogram kelvin $kcal_{th}$/(kg K)	=	**4184**	0.999 331	1	0.999 642	0.999 331	777.649	426.649
1 15 °C kilocalorie per kilogram kelvin $kcal_{15}$/(kg K)	=	4185.5	0.999 690	1.000 36	1	0.999 690	777.928	426.802
1 British thermal unit per pound degree Fahrenheit Btu/(lb °F)	=	**4186.8**	1	1.000 67	1.000 31	1	778.169	426.935
1 foot pound-force per pound degree Fahrenheit ft lbf/(lb °F)	=	5.380 32	$1.285\,07 \times 10^{-3}$	$1.285\,93 \times 10^{-3}$	$1.285\,47 \times 10^{-3}$	$1.285\,07 \times 10^{-3}$	1	0.548 64
1 kilogram-force metre per kilogram kelvin kgf m/(kg K)	=	**9.806 65**	$2.342\,28 \times 10^{-3}$	$2.343\,85 \times 10^{-3}$	$2.343\,01 \times 10^{-3}$	$2.342\,28 \times 10^{-3}$	1.822 69	1

* Wherever the kelvin (K) occurs in this table it may be replaced by the degree Celsius (°C) e.g. J/(kg K) is often shown as J/(kg °C).
† This is the International Table kilocalorie. For a description of the three calories mentioned see 36.6.

NOTE. This table may also be used for interconversion of values of specific entropy e.g. J/(kg K), kcal/(kg K), Btu/(lb °R)

omoorepeyman.ir

جدول ۳۰. ممان نیرو (ترک)

	نیوتن متر N m	کیلوگرم ـ نیرو* متر kgf m	پاندال فوت pdl ft	پاوند ـ نیرو فوت lbf ft	پاوند ـ نیرو اینچ lbf in	تن انگلیسی ـ نیرو فوت tonf ft	اونس ـ نیرو اینچ ozf in
1 newton metre = یک نیوتن متر N m	**1**	0.101 972	23.7304	0.737 562	8.850 75	$3.292\ 69 \times 10^{-4}$	141.612
1 kilogram-force* metre = یک کیلوگرم ـ نیرو* متر kgf m	**9.806 65**	**1**	232.715	7.233 01	86.7962	$3.229\ 02 \times 10^{-3}$	1388.74
1 poundal foot = یک پاندال فوت pdl ft	0.042 140 1	$4.297\ 10 \times 10^{-3}$	**1**	0.031 081 0	0.372 971	$1.387\ 54 \times 10^{-5}$	5.967 54
1 pound-force foot = یک پاوند ـ نیرو فوت lbf ft	1.355 82	0.138 255	32.1740	**1**	**12**	$4.464\ 29 \times 10^{-4}$	**192**
1 pound-force inch = یک پاوند ـ نیرو اینچ lbf in	0.112 985	0.011 521 2	2.681 17	0.083 333 3	**1**	$3.720\ 24 \times 10^{-5}$	**16**
1 UK ton-force foot = یک تن انگلیسی ـ نیرو فوت tonf ft	3037.03	309.691	72 069.9	**2240**	**26 880**	**1**	**430 080**
1 ounce-force inch = یک اونس ـ نیرو اینچ ozf in	$7.061\ 55 \times 10^{-3}$	$7.200\ 78 \times 10^{-4}$	0.167 573	$5.208\ 33 \times 10^{-3}$	**0.0625**	$2.325\ 15 \times 10^{-6}$	**1**

*در آلمان کیلوگرم ـ نیرو، کیلوپن (kp) نامیده می‌شود. 1 kgf m = 1 kp m

توضیح ـ نیوتن متر (Nm) = 10^{-3} (Nmm) یک نیوتن میلیمتر

نیوتن متر (Nm) = 10^{-7} (dyncm) یک دین سانتیمتر

omoorepeyman.ir

۳۱. نیرو بر واحد طول* ($\frac{\text{نیرو}}{\text{طول}}$)

۳۱ – ۱. واحد اساسی نیرو بر واحد طول در دستگاه SI ، نیوتن بر متر (N / m) است.

۳۱ – ۲. واحد متریک دیگری که هنوز به کار می‌رود ، دین بر سانتیمتر (dyn / cm) است.

$$1\ \text{dyn/cm} = 10^{-3}\ \text{N/m}$$

جدول تبدیلی برای نیرو بر واحد طول در نظر گرفته نشده است و تنها دلیل اصلی که این واحد در اینجا ذکر شده، نشان دادن تفاوت آن با ترک می‌باشد.

۳۲. فشار ($\frac{\text{نیرو}}{\text{سطح}}$)

۳۲ – ۱. واحد اساسی فشار در دستگاه SI ، نیوتن بر متر مربع (N / m^2) است که برای آن اسم مخصوص پاسکال (Pa) در نظر گرفته شده است. یک پاسکال نشان دهنده فشار کوچکی است و معمولا" اضعاف آن یعنی کیلوپاسکال (kPa) یا (kN / m^2) و مگاپاسکال (MPa) یا (MN / m^2) بیشتر به کار می‌رود.

۳۲ – ۲. پاره‌ای از واحدهای فشار که بستگی اعشاری با پاسکال دارند ، به قرار زیر است:

دین بر سانتیمتر مربع (dyn / cm^2) که گاهی باری‌نامیده می‌شود ، پیز (pz) Pieze و بار** (bar).

به طور کلی ، بار و اضعاف آن کاربرد بیشتری دارد. دین بر سانتیمتر مربع نیز فشار بسیار کوچکی است:

$$1\ \text{dyn/cm}^2 = \frac{1 \times 10^{-5}\ \text{N}}{(\text{m}/100)^2} = 0.1\ \text{N/m}^2 = 0.1\ \text{Pa}.$$

پیز واحد اساسی فشار در دستگاه متر – تن – ثانیه بوده و برابر یک استن بر متر مربع است.

$$1\ \text{pz} = 1\ \text{sn/m}^2 = 1 \times 10^3\ \text{N/m}^2 = 1\ \text{kN/m}^2 = 1\ \text{kPa}.$$

بار که برابر $10^6\ dyn / cm^2$ می‌باشد ، در اغلب کشورها قانونی شناخته شده و مقدار آن با فشار اتمسفر در کنار دریا تفاوت چندانی ندارد.

$$\text{یک‌بار} = 10^6\ \text{dyn/cm}^2 = 10^6 \times 0.1\ \text{N/m}^2 = 10^5\ \text{N/m}^2 = 10^5\ \text{Pa}.$$

یکی ازاجزای بار میلی بار است که تحت اصطلاح فشار بارو متریک زیاد به کار می‌رود.

۳۲ – ۳. واحد دیگری که در اغلب ممالک ، به‌غیراز انگلستان ، معمول است واحد عملی فشار، یعنی کیلوگرم – نیرو بر مترمربع ، و همچنین کیلوگرم – نیرو بر سانتیمتر مربع است.

$$1\ \text{kgf/m}^2 = 9.806\ 65\ \text{N/m}^2\ (\text{دقیقا}") = 9.806\ 65\ \text{Pa}$$
$$1\ \text{kgf/cm}^2 = 0.980\ 665 \times 10^5\ \text{N/m}^2\ (\text{دقیقا}") = 0.098\ 066\ 5\ \text{MPa}$$

در آلمان و برخی ممالک اروپایی کیلوپن (kp) را به جای کیلوگرم – نیرو به کار می‌برند.

$$1\ \text{kp/cm}^2 = 1\ \text{kgf/cm}^2$$

---

*در کشش سطحی (Surface Tension) کاربرد دارد.

**علامت شناخته شده بین المللی برای بار ، همان اسم بار می‌باشد. ولی در مترولوژی علامت mb را به عنوان علامت اختصاری میلی‌بار به کار می‌برند.

omoorepeyman.ir

جدول ۳۲ ـ ۱. فشـــار

	پاسکـــال Pa (یا نیوتن بر مترمربع) N/m^2	نیوتن بر میلیمتر مربع* N/mm^2	هکتـو بـــار hbar	کیلوگرم ـ نیرو بر سانتیمترمربع** kgf/cm^2	پاندال بر فوت مربع pdl/ft^2	پاوند ـ نیرو بر اینچ مربع lbf/in^2	پاوند ـ نیرو بر فوت مربع lbf/ft^2	تن انگلیسی ـ نیرو بر اینچ مربع $tonf\ in^2$	تن‌انگلیسی نیرو بر فوت مربع $tonf/ft^2$
1 pascal = 1 newton per square metre = یک پاسکال = یک نیوتن بر متر مربع N/m^2	1	1×10^{-6}	1×10^{-7}	$1.019\ 72\times10^{-5}$	0.671 969	$1.450\ 38\times10^{-4}$	0.020 885 4	$6.474\ 90\times10^{-8}$	$9.323\ 85\times10^{-6}$
1 newton per square millimetre* = یک نیوتن برمیلیمتر مربع N/mm^2	1×10^{6}	1	0.1	10.1972	671 969	145.038	20 885.4	$6.474\ 90\times10^{-2}$	9.323 85
1 hectobar = یک هکتو بار hbar	1×10^{7}	10	1	101.972	6 719 690	1450.38	208 854	0.647 490	93.2385
1 kilogram-force per square centimetre** = kgf/cm^2	$9.806\ 65\times10^{4}$	$9.806\ 65\times10^{-2}$	$9.806\ 65\times10^{-3}$	1	65 897.6	14.2233	2 048.16	$6.349\ 71\times10^{-3}$	0.914 358
1 poundal per square foot = پاندال بر فوت مربع pdl/ft^2	1.488 16	$1.488\ 16\times10^{-6}$	$1.488\ 16\times10^{-7}$	$1.517\ 50\times10^{-5}$	1	$2.158\ 40\times10^{-4}$	0.031 081 0	$9.635\ 71\times10^{-8}$	$1.387\ 54\times10^{-5}$
1 pound-force per square inch = پاوند ـ نیرو بر اینچ مربع lbf/in^2	$6.894\ 76\times10^{3}$	$6.894\ 76\times10^{-3}$	$6.894\ 76\times10^{-4}$	0.070 307 0	4633.06	1	144	$4.464\ 29\times10^{-4}$	0.064 285 7
1 pound-force per square foot = تن‌انگلیسی نیرو بر فوت مربع lbf/ft^2	47.8803	$4.788\ 03\times10^{-5}$	$4.788\ 03\times10^{-6}$	$4.882\ 43\times10^{-4}$	32.1740	$6.944\ 44\times10^{-3}$	1	$3.100\ 20\times10^{-6}$	$4.464\ 29\times10^{-4}$
1 UKton-force per square inch = تن انگلیسی ـ نیرو بر اینچ مربع $tonf/in^2$	$1.544\ 43\times10^{7}$	15.4443	1.544 43	157.488	$1.037\ 81\times10^{7}$	2240	322 560	1	144
1 UKton-force per square foot = تن انگلیسی ـ نیرو بر فوت مربع $tonf/ft^2$	$1.072\ 52\times10^{5}$	0.107 252	$1.072\ 52\times10^{-2}$	1.093 66	72 069.9	15.5556	2240	$6.944\ 44\times10^{-3}$	1

* یک N/mm^2 (مورد کاربرد در کشش فلزات) = $1MPa=1M\ N/m^2$

** کیلوگرم ـ نیرو بر سانتیمتر مربع همچنین به نام کیلوپن بر سانتیمتر مربع خوانده می‌شود ($K\ p/cm^2$) ولی در بعضی اوقات با نام اتمسفر عملی (at) نامیده می‌شود که مساوی $10mH_2O$ می‌باشد (به بند ۳۲ ـ ۵ مراجعه شود) $1kgf/mm^2=100kgf/cm^2$

omoorepeyman.ir

جدول ۳۲ ــ ۲. فشار

	پاسکال (یا نیوتن بر متر مربع)	بـار	میلی*بار	اتمسفر استاندارد	کیلوگرم ــ نیرو بر سانتیمتر مربع**	پاوند ــ نیرو بر اینـــچ مربع	torr ***	اینچ‌جیوه قراردادی
	metre N/m²)	bar	mbar*	atm	kgf/cm²	ibf/in²		inHg
1 pascal = 1 newton per square metre = Pa یک پاسکال = یک نیوتن بر مترمربع N/m²	1	1×10^{-5}	0.01	$9.869\,23 \times 10^{-6}$	$1.019\,72 \times 10^{-5}$	$1.450\,38 \times 10^{-4}$	$0.75\,062 \times 10^{-2}$	$2.953\,00 \times 10^{-4}$
1 bar = bar یک بار	1×10^{5}	1	1000	0.986 923	1.019 72	14.5038	750.062	29.5300
1 millibar = mbar* یک میلی‌بار*	100	0.001	1	$9.869\,23 \times 10^{-4}$	$1.019\,72 \times 10^{-3}$	0.014 503 8	0.750 062	0.029 530 0
1 standard atmosphere = atm یک اتمسفر استاندارد	101 325.0	1.013 25	1013.250	1	1.033 23	14.6959	760	29.9213
1 kilogram-force per square centimetre† = kgf/cm² ** یک کیلوگرم ــ نیرو بر سانتیمتر مربع**	98 066.5	0.980 665	980.665	0.967 841	1	14.2233	735.559 ۰	28.9590
1 pound-force per square inch = lbf/in² یک پاوند ــ نیرو بر اینچ‌مربع	6894.76	0.068 947 6	68.9476	0.068 046 0	0.070 307 0	1	51.7149	2.036 02
1 torr *** =	133.322	0.001 333 22	1.333 22	$1.315\,79 \times 10^{-3}$	$1.359\,5\ldots \times 10^{-3}$	0.019 336 8	1	0.039 370 1
1 (conventional) inch of mercury = inHg یک اینچ جیوه (قراردادی)	3386.39	0.033 863 9	33.8639	0.033 421 1	0.034 531 6	0.491 154	25.4000	1

* در مترولوژی علامت اختصاری mb را به کار می‌برند .

** این واحد مساوی ۱۰ متر (قراردادی) آب ($10 mH_2O$) است . به بند ۳۲ ــ ۵ مراجعه شود .

*** با خطای یک هفت میلیونیم ، Torr برابر میلیمتر قراردادی جیوه (mmHg) است .

omoorepeyman.ir

جدول ۳۲ ــ ۳. فشار

	پاسکال Pa یا نیوتن بر مترمربع N/m^2	میلی بار mbar *	کیلوگرم ــ نیرو بر متر مربع ** kgf/m^2	پاوند نیروبرفوت مربع lbf/ft^2	اینچ آب (قراردادی) inH_2O	فوت آب (قراردادی) ftH_2O	میلیمتر جیوه (قراردادی) mmHg	اینچ جیوه (قراردادی) inHg
1 pascal = 1 newton per square metre = Pa N/m^2 یک پاسکال = یک نیوتن بر مترمربع	1	0.01	0.101 972	$2.088\ 54 \times 10^{-2}$	$4.014\ 63 \times 10^{-3}$	$3.345\ 53 \times 10^{-4}$	$7.500\ 62 \times 10^{-3}$	$2.953\ 00 \times 10^{-4}$
1 millibar = mbar * یک میلی بار *	100	1	10.1972	2.088 54	0.401 463	0.033 455 3	0.750 062	0.029 530 0
1 kilogram-force per square metre ** = kgf/m^2 یک کیلوگرم ــ نیروبرمتر مربع **	9.806 65	0.098 066 5	1	0.204 816	0.039 370 1	$3.280\ 84 \times 10^{-3}$	0.073 555 9	$2.895\ 90 \times 10^{-3}$
1 pound-force per square foot = lbf/ft^2 یک پاوند ــ نیرو بر فوت مربع	47.8803	0.478 803	4.882 43	1	0.192 222	0.016 018 5	0.359 131	0.014 139 0
1 (conventional) inch of water = inH_2O یک اینچ آب (قراردادی)	249.089	2.490 89	25.4	5.202 33	1	0.083 333 3	1.868 32	0.073 555 9
1 (conventional) foot of water = ftH_2O یک فوت آب (قراردادی)	2989.07	29.8907	304.8	62.4280	12	1	22.4 19 8	0.882 671
1 (conventional) millimetre of mercury = mmHg یک میلیمتر جیوه (قراردادی)	133.322	1.333 22	13.595 1	2.784 50	0.535 240	0.044 603 3	1	0.039 370 1
1 (conventional) inch of mercury = inHg یک اینچ جیوه (قراردادی)	3386.39	33.8639	345.316	70.7262	13.5951	1.132 92	25.4	1

* در متئورولوژی علامت اختصاری mb را به کار می‌برند .

** این واحد مساوی میلیمتر آب قراردادی (mmH_2O) است . به بند ۳۲ ــ ۵ مراجعه شود .

omoorepeyman.ir

این واحدهای عملی با ستون آب قراردادی که در بند ۳۲ ــ ۵ شرح داده شده رابطـــه ساده دارند .

۳۲ ــ ۴. پاره‌ای از واحدهای انگلیسی‌فشار که کاربرد بیشتری‌داشته و برحسب نیرو بر واحدسطح، بیان شده‌اند ، به قرار زیر است :

واحد اساسی‌در دستگاه فوت ــ پاوند ــ ثانیه (pdl/ft²), پاندال بر فوت مربع

واحدهای عملی (lbf/ft²) پاوند نیرو بر فوت مربع

واحدهای عملی (lbf/in²) پاوند نیرو بر اینچ مربع

واحدهای عملی (tonf/ft²) تن انگلیسی ــ نیرو بر فوت مربع

واحدهای عملی (tonf/in²) تن انگلیسی ــ نیرو بر اینچ مربع

$$1\ \text{pdl/ft}^2 = \frac{0.453\,592\,37 \times (0.3048)\ \text{N}}{(0.3048\ \text{m})^2}$$

$$= 1.488\,16\ \text{Pa (or N/m}^2\text{)}$$ تقریبا "

$$1\ \text{lbf/ft}^2 = \frac{0.453\,592\,37 \times 9.806\,65\ \text{N}}{(0.3048\ \text{m})^2}$$

$$= 47.8803\ \text{Pa (or N/m}^2\text{)}$$ تقریبا "

$1\ \text{lbf/in}^2 = 144\ \text{lbf/ft}^2 = 6894.76\ \text{Pa (or N/m}^2\text{)}$ تقریبا "

$1\ \text{UKtonf/ft}^2 = 2240\ \text{lbf/ft}^2 = 1.072\,52 \times 10^5\ \text{Pa (or N/m}^2\text{)}$ تقریبا "

$1\ \text{UKtonf/in}^2 = 2240\ \text{lbf/in}^2 = 1.544\,43 \times 10^7\ \text{Pa (or N/m}^2\text{)}$ تقریبا "

معمولا " در آمریکا و انگلستان پاوند ــ نیرو بر اینچ مربع (lbf / in^2) را با علامت اختصاری p.s.i نشان می‌دهند و با وجودی که این علامت اختصاری به مقدار زیاد در آمریکا و انگلستان به کار می‌رود، ولی به‌عنوان یک علامت اختصاری در سطح بین‌المللی شناخته نشده است. در آمریکا عبارت k.s.i اغلب برای نشان دادن kip بر اینچ مربع (1000lbf/ in^2) به کار می‌رود .

۳۲ ــ ۵. ستون مایع ــ فشار اغلب توسط ارتفاع ستون مایع ، مثلا " جیوه یا آب اندازه‌گیری می‌شود. فشاری که از طریق ارتفاع مایع اندازه‌گیری شده از چگالی مایع و شتاب ثقل محلی مستقل است. واحدهای فشاری که در زیر داده شده براساس چگالی و شرایط ثقل قراردادی به صورت بین المللی شناخته شده است .

میلیمتر جیوه‌قراردادی ; (mmHg)

اینچ جیوه قراردادی ; (inHg)

میلیمتر آب قراردادی ; (mmH_2O)

اینچ آب قراردادی . (inH_2O)

متر آب ($\text{m H}_2\text{O}$) و فوت آب ($\text{ft H}_2\text{O}$) نیز به کار می‌رود .

$$1\ \text{mmH}_2\text{O} = 0.001\ \text{m} \times 1000\ \text{kg/m}^3 \times 9.806\,65\ \text{m/s}^2 = 9.806\,65\ \text{N/m}^2 = 9.806\,65\ \text{Pa}$$

این مقدار فشار برابر فشار ستونی از آب به ارتفاع یک‌میلیمتر با چگالی یکنواخت 1g/cm^3 و تحت شتاب‌ثقل استاندارد $g_n = 9.80665\ \text{m/s}^2$ می‌باشد .

omoorepeyman.ir

$1\ mmHg = 13.5951\ mmH_2O = 13.5951 \times 9.806\,65\ Pa$
$= 133.322\ Pa$ (تقریبا")
$1\ inH_2O = 25.4\ mmH_2O = 9.806\,65 \times 25.4\ Pa$
$= 249.089\ Pa$ (تقریبا")
$1\ inHg = 25.4\ mmHg = 9.806\,65 \times 13.5951 \times 25.4\ Pa$
$= 3386.39\ Pa$ (تقریبا")
$1\ ftH_2O = 304.8\ mmH_2O = 304.8 \times 9.806\,65\ Pa$
$= 2989.07\ Pa$ (تقریبا")

بنابر تعریفهای بالا، چنین معلوم می‌شود که میلیمتر قراردادی آب دقیقا" مساوی کیلوگرم ــ نیرو بر متر مربع است.

$1\ mmH_2O = 1\ kgf/m^2$ (or kp/m^2)
مشابها" $10\ mH_2O = 1\ kgf/cm^2$ (or kp/cm^2).

واحد دیگر فشار که معمولا" به کار می‌رود، torr می‌باشد که با خطای هفت میلیونیم، مساوی یک میلیمتر جیوه قراردادی (mm Hg) است. این واحد برحسب پاسکال هم‌بیان می‌شود.

$$1\ torr = \frac{101\,325.0}{760} Pa$$
$= 133.322\ Pa$ (تقریبا")

نظر به اینکه پاسکال واحد کوچکی است برای تکنولوژی خلاء بسیار مناسب است. با وجود آنکه به‌کار بردن میلی باروtorr و اجزای آنها، اصطلاح میکرومتر جیوه(μm Hg) هنوز به کار می‌رود. علامت اختصاریμmHg، گاهی (به غلط) به صورت μ خلاصه می‌شود.

۳۲ ــ ۶. اتمسفر ــ به اصطلاحات و علامتهای اختصاری زیر باید توجه شود:
اتمسفر استاندارد (atm) ــ یک واحد بین المللی ثابت است‌که با خطای هفت میلیونیم مساوی 760 mm Hg می‌باشد. اتمسفر استاندارد، به‌عنوان یک واحد، زیاد به کار نمی‌رود ولی دارای اهمیت بسیار به عنوان یک معرف (reference) می‌باشد.

اتمسفر عملی (at) ــ این واحد که در ممالک اروپایی، بغیر از انگلستان، به کار می‌رود مساوی کیلوگرم ــ نیرو بر سانتیمتر مربع یا کیلوپن بر سانتیمتر مربع است.

$1\ at = 1\ kgf/cm^2$ (or kp/cm^2) $= 98\,066.5\ Pa$

۳۲ ــ ۷. فشار مطلق (absolute) و فشار گیج (gauge) ــ تمام واحدهایی که در بندهای ۳۲ ــ ۱ تا ۳۲ ــ ۶ شرح داده شد، ممکن است بیان کننده مقدار یک فشار مطلق بوده یا فشار gauge باشد و اگر مقداری که ذکر شده، کاملا" به روشنی شرح داده نشود، ممکن است در تعریف و مکالمه اشتباهی روی دهد.

پیشنهاد بین المللی در این مورد این است که برای بیان مقدار فشار مطلق (هنگامی که فشار صفر مفروض است) و فشار gauge (هنگامی که فشار اتمسفر مفروض است) نباید مقدار واحد را تغییر دهیم.

در انگلستان و آمریکا متداول است که علامت اختصاری p.s.i را برای بیان (lbf/ft^2) به کار می‌برند و افزودن حرف g یا a به دنبال علامت اختصاری بالا، فشار گیج (p.s.i.g) و فشار مطلق (p.s.i.a) را مشخص می‌نماید. در آلمان

omoorepeyman.ir

برای علامت اتمسفر عملی به جای (at) از علامت (ata) یا (atü) استفاده می‌شود که بیان کننده فشار gauge است و فشار مطلق را با علامت (Über) مشخص می‌نماید. از علامتهای یاد شده، فقط (at) به عنوان علامت بین المللی شناخته شده است. ضمنا" این اصطلاح، بجز اینکه مقدار کمیت را مشخص می‌کند، در اندازه‌گیری واحدها تغییری نمی‌دهد. بدین ترتیب نتیجه می‌گیریم چنانچه منظور مقدار کمیت باشد، باید واژه فشار به کار برده شود؛ برای مثال:

فشار gauge ' 12.5 bar

فشار gauge ' 1.25 MPa

فشار مطلق ' 2.34 bar

فشار مطلق '. 234 kPa

فشارهای مطلق، همیشه مثبت هستند؛ ولی فشارهای gauge هنگامی که پایین تر از فشار مفروض باشند، منفی نشان داده می‌شوند.

در صنعت، مقادیر خلاء کاربرد زیادی دارد؛ مثلا" 1mm Hg خلاء، نماینده فشار gauge (-1mm Hg)، و یک درصد خلاء، نشان دهنده فشار gauge منهای یک درصد اتمسفر مفروض است.

ضریبهای تبدیل واحدهای فشار در جدولهای ۳۲ – ۱ و ۳۲ – ۲ و ۳۲ – ۳ داده شده است. به بخش ۳۳ تنش هم مراجعه شود.

۳۳. تنش ($\frac{\text{نیرو}}{\text{سطح}}$)

هر چند تنش و فشار دارای مقدار فیزیکی متفاوتی هستند، ولی دارای دیمانسیون مشترک نیرو بر سطح می‌باشند. اکثر واحدهایی‌که با فشار بستگی دارند، به تنش هم مربوط می‌شوند، از این رو، ضریبهای‌تبدیلی که در جدولهای ۳۲ – ۱ و ۳۲ – ۲ و ۳۲ – ۳ ذکر شده است، می‌تواند در این مورد هم به کار آید. واحد اساسی تنش در دستگاه SI، همان پاسکال (Pa) و یا نیوتن بر متر مربع (N/m^2) است.

واحدهای عملی که‌در تنشهای فلزات و دیگر مواد بیشتر به کار می‌رود، کیلوگرم – نیرو بر میلیمتر مربع (kgf/mm^2)، پاوند – نیرو بر اینچ مربع (lbf/in^2) و تن انگلیسی – نیرو بر اینچ مربع* ($UKtonf/in^2$) است. برای تبدیل به دستگاه SI، واحدی عملی که از لحاظ اندازه مشابه (kgf/mm^2) است، هکتوبار می‌باشد. البته کاربرد هکتوبار در مقابل (N/mm^2) زیاد معمول نیست و در این مورد MN/m^2 یا MPa رایجتر است.

1 N/mm^2 = 1 MN/m^2 = 1 MPa

1 kgf/mm^2 = 9.806 65 N/mm^2 = 9.806 65 MPa

1 hbar = 100 bar = $10^2 \times 10^5$ N/m^2 = 10 MPa

---

* در آمریکا عبارت k.s.i اغلب برای بیان kip بر اینچ مربع ($1000lbf/in^2$) به کار می‌رود.

omoorepeyman.ir

توضیح ــ ضریبهای تبدیل واحدهای بالا را می‌توان در جدولهای ۳۲ ــ ۱ و ۳۲ ــ ۲ و ۳۲ ــ ۳ به دست آورد. به بند ۳۲ فشار هم مراجعه شود.

۳۴. چسبندگی دینامیکی ($\frac{\text{تنش}}{\text{گرادیان سرعت}}$)

۳۴ ــ ۱. واحد اساسی چسبندگی‌دینامیکی در دستگاه SI ، پاسکال ثانیه (Pa s) است که می‌توان آن را به‌صورت نیوتن ثانیه بر مترمربع (Ns/m^2) یا کیلوگرم بر متر ثانیه (kg / ms) بیان کرد.

این واحد در فرانسه با نام پوازوی (Pl) خوانده می‌شود. باید توجه داشت که این‌نام با پواز (P) که در بند ۳۴ ــ ۲ شرح داده خواهد شد، یکی نیست.

۳۴ ــ ۲. واحد چسبندگی دینامیکی در دستگاه CGS پواز (P) نامیده می‌شود.

$$1\ P = 1\ dyn\ s/cm^2 = 10^{-1}\ N\ s/m^2 = 10^{-1}\ Pa\ s.$$

یکی از اجزای پواز که معمولا" به کار می‌رود، سانتی پواز (cP) است.

$$1\ cP = 10^{-2}\ P = 10^{-3}\ Pa\ s.$$

۳۴ ــ ۳. واحدهای دیگر متریک و انگلیسی که در چسبندگی دینامیکی مورد کاربرد دارد، به قرار زیر است:

کیلوگرم ــ نیرو ثانیه بر متر مربع	(kgf s/m²)
پاوند بر فوت ثانیه(lb/(ft s)= پاندال ثانیه بر فوت مربع	(pdl s/ft²)
slug = بر فوت ثانیه slug/(ft s) = پاوند ــ نیرو ثانیه بر فوت‌مربع	(lbf s/ft²)
slug = ساعت بر فوت مربع ثانیه slug h/(ft s²)= پاوند ــ نیرو ساعت بر فوت مربع	(lbf h/ft²)
پاوند* ــ نیرو ثانیه بر اینچ‌مربع	(lbf s/in²)
پاوند بر فوت ساعت	(lb/ft h)

$$1\ kgf\ s/m^2 = 9.806\ 65\ Pa\ s$$
$$1\ pdl\ s/ft^2 = 1.488\ 16\ Pa\ s$$
$$1\ lbf\ s/ft^2 = 47.8803\ Pa\ s$$
$$1\ lbf\ h/ft^2 = 1.723\ 69 \times 10^5\ Pa\ s$$
$$1\ lbf\ s/in^2 = 6894.76\ Pa\ s$$
$$1\ lb/ft\ h = 4.133\ 79 \times 10^{-4}\ kg/(m\ s) = 4.133\ 79 \times 10^{-4}\ Pa\ s$$

توضیح ــ برای مراجعه به واحدهای چسبندگی که در بعضی موارد به کار می‌آیند، مثل ردوو، ثانیه، به بخش ۳۵ چسبندگی سینماتیک مراجعه شود.

ضریبهای تبدیل بیشتر واحدهای چسبندگی دینامیکی در جدول ۳۴ داده شده است.

---

* گاهی "reyn" خوانده می‌شود.

omoorepeyman.ir

جدول ۳۴. چسبندگی (دینامیک)

		پاسکال ثانیه Pa s	سانتی پاواز cP	کیلوگرم ـ نیروبر ثانیه متر مربع kgf s/m²	پاندال ثانیه برفوت مربع pdl s/ft²	پاوند ـ نیرو ثانیه بر فوت مربع lbf s/ft²	پاوند ـ نیرو ساعت بر فوت مربع lbf h/ft²
1 pascal second Pa s	= یک پاسکال ثانیه	1	1000	0.101 972	0.671 969	$2.088\ 54\times10^{-2}$	$5.801\ 51\times10^{-6}$
1 centipoise cP	= یک سانتی پواز	0.001	1	$1.019\ 72\times10^{-4}$	$6.719\ 69\times10^{-4}$	$2.088\ 54\times10^{-5}$	$5.801\ 51\times10^{-9}$
1 kilogram-force second per square metre kgf s/m²	= کیلوگرم ـ نیرو بر ثانیه متر مربع	9.806 65	9806.65	1	6.589 76	0.204 816	$5.689\ 34\times10^{-5}$
1 poundal second per square foot (=1 lb/(ft s)) pdl s/ft²	= یک پاندال ثانیه بر فوت مربع	1.488 16	1488.16	0.151 750	1	0.031 081 0	$8.633\ 60\times10^{-6}$
1 pound-force second per square foot (=1 slug/(ft s)) lbf s/ft²	= یک پاوند ـ نیرو ثانیه بر فوت مربع	47.8803	47 880.3	4.882 43	32.1740	1	$2.777\ 78\times10^{-4}$
1 pound-force hour per square foot lbf h/ft²	= یک پاوند ـ نیرو ساعت بر فوت مربع	$1.723\ 69\times10^{5}$	$1.723\ 69\times10^{8}$	$1.757\ 67\times10^{4}$	$1.158\ 27\times10^{5}$	3600	1

توضیح $1\ lb/(fth)=4.13379\times10^{-4}\ kg/(ms)=4.13379\times10^{-4}\ Pas$

(به بند ۳۴ ـ ۳ مراجعه شود)

omoorepeyman.ir

۳۵. چسبندگی سینماتیک ($\frac{\text{مربع طول}}{\text{زمان}}$)

۳۵ – ۱. واحد اساسی چسبندگی سینماتیک (برابر چسبندگی دینامیک بر چگالی) در دستگاه SI مترمربع بر ثانیه (m^2/s) است.

۳۵ – ۲. این واحد در دستگاه CGS استوکس (St) است.

$$1\ St = 1\ cm^2/s = 10^{-4}\ m^2/s$$

یکی از اجزای استوکس که بیشتر به کار می‌رود، سانتی‌استوکس cSt می‌باشد.

$$1\ cSt = 10^{-2}\ St = 10^{-6}\ m^2/s\ (= 1\ mm^2/s)$$

۳۵ – ۳. واحد متریک دیگری که گاهی به کار می‌رود، مترمربع بر ساعت (m^2/h) است.

$$1\ m^2/h = 2.777\,78 \times 10^{-4}\ m^2/s$$

۳۵ – ۴. پاره‌ای از واحدهای انگلیسی برای چسبندگی سینماتیک به قرار زیر است:

اینچ مربع بر ثانیه	in^2/s
فوت مربع بر ثانیه	ft^2/s
اینچ مربع بر ساعت	in^2/h
فوت مربع بر ساعت	ft^2/h

$$1\ in^2/s = 6.4516 \times 10^{-4}\ m^2/s$$
$$1\ ft^2/s = 9.290\,30 \times 10^{-2}\ m^2/s$$
$$1\ in^2/h = 1.792\,11 \times 10^{-7}\ m^2/s$$
$$1\ ft^2/h = 2.580\,64 \times 10^{-5}\ m^2/s$$

ضریبهای تبدیل واحدهای بندهای ۳۵ – ۱ تا ۳۵ – ۳ در جدول ۳۵ داده شده است. باید توجه داشت که چون مقادیر پخش حرارتی هم دارای دیمانسیون مربع طول بر زمان است، می‌توان از جدول ۳۵ نیز برای تبدیل واحدهای آن استفاده نمود.

۳۶. انرژی (کار، حرارت و غیره)

۳۶ – ۱. واحد اساسی انواع انرژی در سیستم SI ژول (علامت J) است. ارتباط بین ژول و دیگر واحدهای SI برای نمونه در زیر نشان داده شده است.

$1\ J = 1\ Nm$	(نیوتن متر، فاصله × نیرو)
$1\ J = 1\ Ws$	(وات ثانیه، انرژی الکتریکی)
$1\ J = 1\ Pam^3$	(پاسکال مترمکعب، حجم × فشار)

واحد ژول، پیش از انتخاب سیستم SI، به عنوان ژول مطلق نامیده می‌شد؛ ولی در حال حاضر فقط به نام ژول خوانده می‌شود. ژول بین المللی که در سال ۱۹۴۸ منسوخ شده تقریبا" مساوی 1.00019 J می‌باشد.

۳۶ – ۲. واحد انرژی در دستگاه CGS (ارگ) با ژول نسبت دهدهی دارد.

$$1\ erg = 1\ dyn\ cm = 1 \times 10^{-5}\ N \times 0.01\ m$$
$$= 10^{-7}\ N\ m = 10^{-7}\ J$$

omoorepeyman.ir

جدول ۳۵. چسبناکی (سینماتیک)

	مترمربع بر ثانیه m^2/s	سانتی استوکس cSt	اینچ مربع بر ثانیه in^2/s	فوت‌مربع بر ثانیه ft^2/s	اینچ‌مربع‌برساعت in^2/h	فوت‌مربع‌برساعت ft^2/h	مترمربع‌برساعت m^2/h
1 metre squared per second = یک متر مربع برثانیه m^2/s	1	1×10^{6}	$1.550\ 00\times10^{3}$	10.7639	$5.580\ 01\times10^{6}$	$3.875\ 01\times10^{4}$	3600
1 centistokes = یک سانتی استوکس cSt	1×10^{-6}	1	$1.550\ 00\times10^{-3}$	$1.076\ 39\times10^{-5}$	5.580 01	$3.875\ 01\times10^{-2}$	0.0036
1 inch squared per second = یکاینچ‌مربع بر ثانیه in^2/s	6.4516×10^{-4}	645.16	1	$6.944\ 44\times10^{-3}$	3600	25	2.322 58
1 foot squared per second = یک فوت مربع بر ثانیه ft^2/s	$9.290\ 30\times10^{-2}$	92 903.0	144	1	518 400	3600	334.451
1 inch squared per hour = یک اینچ مربع بر ساعت in^2/h	$1.792\ 11\times10^{-7}$	0.179 211	$2.777\ 78\times10^{-4}$	$1.929\ 01\times10^{-6}$	1	$6.944\ 44\times10^{-3}$	6.4516×10^{-4}
1 foot squared per hour = یک‌فوت‌مربع بر ساعت ft^2/h	$2.580\ 64\times10^{-5}$	25.8064	0.04	$2.777\ 78\times10^{-4}$	144	1	0.092 903 0
1 metre squared per hour = یک متر مربع بر ساعت m^2/h	$2.777\ 78\times10^{-4}$	277.778	0.430 556	$2.989\ 98\times10^{-3}$	1550.00	10.7639	1

توضیح ـ نظر به اینکه ضریبهای تبدیل مقادیر پخش حرارتی و چسبندگی سینماتیک مشابه است ، این جدول را می‌توان برای تبدیل مقادیر پخش حرارتی ($\frac{\text{سطح}}{\text{زمان}}$) نیز به کار برد .

omoorepeyman.ir

جدول ۳۶ ــ ۱. انرژی

	ژول J	کیلووات ساعت kW h	کیلوگرم نیرو ــ متر kgf m	لیتر* اتمسفر	فوت پاندال ft pdl	فوت پاوند ــ نیرو ft lbf	اسب بخار ساعت hp h
1 joule = یک ژول J	1	$2.777\,78 \times 10^{-7}$	0.101 972	$0.986\,923 \times 10^{-2}$	23.7304	0.737 562	$3.725\,06 \times 10^{-7}$
1 kilowatt hour = یک کیلووات ساعت kW h	3.6×10^{6}	1	$3.670\,98 \times 10^{5}$	$3.552\,92 \times 10^{4}$	$8.542\,93 \times 10^{7}$	$2.655\,22 \times 10^{6}$	1.341 02
1 kilogram-force metre = یک کیلوگرم ــ نیرو متر kgf m	9.806 65	$2.724\,07 \times 10^{-6}$	1	0.096 784 1	232.715	7.233 01	$3.653\,04 \times 10^{-6}$
1 litre*atmosphere = یک لیتر* اتمسفر	101.325	$2.814\,58 \times 10^{-5}$	10.3323	1	2404.48	74.7335	$3.774\,42 \times 10^{-5}$
1 foot poundal = یک فوت پاندال ft pdl	0.042 140 1	$1.170\,56 \times 10^{-8}$	0.004 297 10	$4.158\,91 \times 10^{-4}$	1	0.031 081 0	$1.569\,74 \times 10^{-8}$
1 foot pound-force = یک فوت پاوند ــ نیرو ft lbf	1.355 82	$3.766\,16 \times 10^{-7}$	0.138 255	$1.338\,09 \times 10^{-2}$	32.1740	1	$5.050\,51 \times 10^{-7}$
1 horsepower hour = یک اسب بخار ساعت hp h	$2.684\,52 \times 10^{6}$	0.745 700	$2.737\,45 \times 10^{5}$	$2.649\,41 \times 10^{4}$	$6.370\,46 \times 10^{7}$	1.98×10^{6}	1

*لیتری که در اینجا به کار برده شده، برابر یک دسیمتر مکعب است. به بند ۴ ــ ۳ مراجعه شود.

omoorepeyman.ir

جدول ۳۶ ــ ۲ . انرژی

	ژول J	کیلووات ساعت kW h	فوت پاوند ــ نیرو ft lbf	اسب بخار ساعت hp h	کالری* (cal_{IT})	کالری ترموشیمی cal_{th}	کالری $15^{\circ}C$ cal_{15}	واحد حرارتی انگلیسی Btu
1 joule = یک ژول J	1	$2.777\ 78\times10^{-7}$	0.737 562	$3.725\ 06\times10^{-7}$	0.238 846	0.239 006	0.238 920	$9.478\ 17\times10^{-4}$
1 kilowatt hour = یک کیلووات ساعت kW h	3.6×10^{6}	1	$2.655\ 22\times10^{6}$	1.341 02	859 845	860 421	860 112	3412.14
1 foot pound-force = یک فوت ــ پاوند نیرو ft lbf	1.355 82	$3.766\ 16\times10^{-7}$	1	$5.050\ 51\times10^{-7}$	0.323 832	0.324 048	0.323 932	$1.285\ 07\times10^{-3}$
1 horsepower hour = یک اسب بخار ساعت hp h	$2.684\ 52\times10^{6}$	0.745 700	1.98×10^{6}	1	641 186	641 616	641 386	2544.43
1 calorie* = یک کالری* cal (cal_{IT})	4.1868	1.163×10^{-6}	3.088 03	$1.559\ 61\times10^{-6}$	1	1.000 67	1.000 31	$3.968\ 32\times10^{-3}$
1 thermochemical calorie = یک کالری ترموشیمی cal_{th}	4.184	$1.162\ 22\times10^{-6}$	3.085 96	$1.558\ 57\times10^{-6}$	0.999 331	1	0.999 642	$3.965\ 67\times10^{-3}$
1 15 °C calorie = یک کالری $15^{\circ}C$ cal_{15}	4.1855	$1.162\ 64\times10^{-6}$	3.087 07	$1.559\ 12\times10^{-6}$	0.999 690	1.000 36	1	$3.967\ 09\times10^{-3}$
1 British thermal unit = یک واحد حرارتی انگلیسی Btu	1055 06	$2.930\ 71\times10^{-4}$	778.169	$3.930\ 15\times10^{-4}$	251.996	252.164	252.074	1

* این کالری برابر کالری جدول بین المللی‌است . برای شرح سه نوع کالری به بند ۳۶ ــ ۶ مراجعه شود .

یک ترمی $(th)=10^{6}$ cal 15

omoorepeyman.ir

۳۶ – ۳. واحدی که در مورد انرژی الکتریکی متداول است، کیلووات ساعت (kWh) است.

$$1\ \text{kW h} = 1 \times 1000 \times \text{W} \times 3600\ \text{s}$$
$$= 3.6 \times 10^6\ \text{W s} = \mathbf{3.6\ MJ}$$

۳۶ – ۴. دو واحد متریک دیگر که در مورد انرژی به کار می‌رود، کیلوگرم – نیرو متر*(kg fm) و لیتر اتمسفر می‌باشد.

$$1\ \text{kgf m} = 9.806\ 65\ \text{N m} = \mathbf{9.806\ 65\ J}$$
$$\text{یک‌لیتر اتمسفر} = 1\ \text{dm}^3 \times 101\ 325\ \text{Pa} = 101.325\ \text{Pa m}^3$$
$$= \mathbf{101.325\ J}$$

لیتری که در رابطه بالا به کار برده شده است، برابر یک دسیمتر مکعب و اتمسفر آن برابر استاندارد باشد. به بندهای ۴ – ۳ و ۳۲ – ۶ مراجعه شود.

۳۶ – ۵. پاره‌ای از واحدهای انگلیسی انرژی عبارتند از: فوت پاندال (ft pdl)، فوت پاوند – نیرو (ft lbf) و اسب بخار ساعت (hph).

$$1\ \text{ft pdl} = 1 \times 0.3048\ \text{m} \times 0.453\ 592\ 37 \times 0.3048\ \text{N}^{**}$$
$$= 0.042\ 140\ 1\ \text{J}\ (\text{تقریبا})$$
$$1\ \text{ft lbf} = 1 \times 0.3048\ \text{m} \times 0.453\ 592\ 37 \times 9.806\ 65\ \text{N}^{**}$$
$$= 1.355\ 82\ \text{J}\ (\text{تقریبا})$$
$$1\ \text{hp h} = 550\ \text{ft lbf/s} \times 3600\ \text{s}^{***}$$
$$= 1.98 \times 10^6\ \text{ft lbf}$$
$$= 2.684\ 52 \times 10^6\ \text{J}\ (\text{تقریبا})$$

۳۶ – ۶. واحدهای حرارت – حرارت یکی از صور انرژی بوده و همان‌طور که پیشتر اشاره شد، واحد انرژی در تمام حالتها ژول می‌باشد. واحدهای حرارت که شرح داده خواهد شد، در اصل به مفهوم مقدار حرارتی است که لازم است یک واحد جرم را به اندازه یک درجه حرارت گرم کند؛ ولی در حال حاضر بعضی از این واحدها صریحا" براساس ژول تعریف شده‌اند:

انواع کالریها که با مقدار آب برحسب گرم و درجه سلسیوس ارتباط دارند. انواع واحدهای حرارتی انگلیسی که با مقدار آب برحسب پاوند و درجه فارنهایت ارتباط دارند.

انواع واحدهای حرارتی سانتیگراد که با مقدار آب برحسب پاوند و درجه سلسیوس ارتباط دارند.

---

* در آلمان کیلوگرم – نیرو متر، به نام کیلوپن متر (Kpm) خوانده می‌شود.

** به بند ۳۱ – ۳ مراجعه شود.

*** به بند ۳۷ – ۳ مراجعه شود.

omoorepeyman.ir

کالریهایی که در حال حاضر مورد کاربرد دارد، در زیر شرح داده شده است:
کالری جدول بین المللی (cal_{IT}) کالری ترموشیمی (cal_{th})
و کالری $^{\circ}C$ ۱۵ (cal_{15}):

(تعریف شده براساس پنجمین کنفرانس بین المللی در مورد خصوصیات بخار ــ لندن ۱۹۵۶)

(یک کالری تعریف شده) $1\ cal_{IT} = 4.1868\ J$

$1\ cal_{th} = 4.1840\ J$

تقریبا " $1\ cal_{15} = 4.1855\ J$

کالری پانزده درجه عبارت است از مقدار حرارتی که لازم است به یک گرم آب عاری از هوا داده شود تا درجه حرارت آن را از $^{\circ}C$ ۱۴/۵ به $^{\circ}C$ ۱۵/۵ تحت فشار ثابت یک اتمسفر برساند. مقدار ژول معادل آن که در بالا نشان داده شده، از سال ۱۹۵۰ متداول گردیده و صحیحترین مقداری است که از تجربه به دست آمده است.

دو واحد وابسته به کالری پانزده درجه، عبارتند از ترمی (th) که گاهی تحت عنوان تن ــ کالری خوانده می‌شود و فریگوری که در مورد برودت به کار می‌رود.

تقریبا " یک ترمی $= 10^6\ cal_{15} = 4.1855\ MJ$

تقریبا " یک فریگوری $= 10^3\ cal_{15} = 4.1855\ kJ$

کالری، بیشتر در علم تغذیه به کار می‌رود و در سایر موارد از کیلو کالری یا کیلو گرم کالری و یا کالری بزرگ استفاده می‌شود. در این نشریه، اگر علامت cal بدون علامت دیگری ذکر شود، منظور کالری جدول بین المللی cal_{IT} می‌باشد. کالری مواد غذایی براساس cal_{15} حساب می‌شود.

مهمترین واحد حرارتی انگلیسی (Btu) واحدی است که وابسته به کالری جدول بین ــ المللی بوده و طبق رابطه زیر بیان می‌شود:

$1\ Btu/lb = 2.326\ J/g$

$thus\ 1\ Btu = 2.326 \times 453.592\ 37\ J = 1055.06\ J$ (تقریبا ")

واحد انگلیسی دیگری‌که برای حرارت به کار می‌رفته و فعلا " منسوخ شده به‌قرار زیر است:
واحد حرارتی انگلیسی $^{\circ}F$ ۶۰ (مقدار گرمایی که لازم است یک پاوند آب را از $^{\circ}F$ ۶۰ به ۶۱ برساند).

$1\ Btu_{60/61} = 1054.5\ J$ (تقریبا ")

واحد حرارتی انگلیسی متوسط ($\frac{1}{180}$ مقدار حرارتی که لازم است یک پاوند آب را از $^{\circ}F$ ۳۲ به $^{\circ}F$ ۲۱۲ برساند)

$1\ Btu_{متوسط} = 1055.8\ J$ (تقریبا ")

omoorepeyman.ir

واحد حرارتی انگلیسی که در بیشتر موارد توسط صنایع گاز مورد استفاده بوده و براساس کالری $15\ ^{\circ}c$ می‌باشد، مساوی است با:

$$2.326 \times 453.592\ 37\ J \times \frac{4.1855}{4.1868} = 1054.73\ J \quad (\text{تقریبا})$$

واحدی‌که به Btu ارتباط داشته و به عنوان یک واحد انرژی در صنایع گاز به کار می‌رود ترم می‌باشد.

یک ترم = 100 000 Btu = 105.5 MJ (تقریبا)

واحد حرارتی سانتیگراد C.H.U براساس پاوند آب و درجه سانتیگراد هنوز گاهی به‌کار می‌رود.

1 C.H.U. = 1.8 Btu
1 C.H.U$_{\text{متوسط}}$ = 1.8 Btu$_{\text{متوسط}}$ = 1900.4 J (تقریبا)

ضریبهای تبدیل بیشتر واحدهای بند ۳۶ در جدولهای ۳۶ ـ ۱ و ۳۶ ـ ۲ داده شده است.

۳۷. توان $\left(\frac{\text{انرژی}}{\text{زمان}}\right)$

۳۷ ـ ۱. واحد اساسی توان در تمام حالتها که شامل میزان جریان حرارتی نیز می‌باشد، در دستگاه SI، وات (علامت W) است که مساوی یک ژول بر ثانیه است.

1 W = 1 J/s

کیلو وات (kW) یکی از اضعاف وات است که کاربرد بیشتری دارد.

۳۷ ـ ۲. دو واحد عملی توان در سیستم متریک کیلوگرم ـ نیرو متر بر ثانیه (kg fm/s) و اسب بخار متریک* است.

1 kgf m/s = 9.806 65 J/s = 9.806 65 W
یک اسب بخار متریک = 75 kgfm/s = 735.499 W

۳۷ ـ ۳. واحدهای عملی مشابه در سیستم انگلیسی فوت پاوند ـ نیرو بر ثانیه (ft lbs/s) و اسب بخار (hp) است.

1 ft lbf/s = 1.355 82 J/s (sec 36.5) = 1.355 82 W
1 hp = 550 ft lbf/s = 745.700 W

۳۷ ـ ۴. پاره‌ای از واحدهای جریان حرارتی در زیر نشان داده می‌شود:

---

* اسب بخار متریک در فرانسه، به نام cheval vapeur (با علامت Ch یا Cv) و در آلمان، به نام pferdestä rke (با علامت Ps) خوانده می‌شود.

omoorepeyman.ir

جدول ۳۷. توان

	وات W	کیلوگرم ـ نیرو متر بر ثانیه kgf m/s	اسب بخار متر یک	فوت پاوند ـ نیرو بر ثانیه ft lbf/s	اسب بخار hp	کالری* بر ثانیه cal/s	کیلوکالری* بر ساعت kcal/h	واحد حرارتی انگلیسی بر ساعت Btu/h
1 watt = یک وات W	1	0.101 972	$1.359\ 62 \times 10^{-3}$	0.737 562	$1.341\ 02 \times 10^{-3}$	0.238 846	0.859 845	3.412 14
1 kilogram-force metre per second = یک کیلوگرم ـ نیرو متر بر ثانیه kgf m/s	9.806 65	1	0.013 333 3	7.233 01	0.013 150 9	2.342 28	8.432 20	33.4617
1 metric horsepower = یک اسب بخار متریک	735.499	75	1	542.476	0.986 320	175.671	632.415	2509.63
1 foot pound-force per second = یک فوت پاوند ـ نیرو بر ثانیه ft lbf/s	1.355 82	0.138 255	$1.843\ 40 \times 10^{-3}$	1	$1.818\ 18 \times 10^{-3}$	0.323 832	1.165 79	4.626 24
1 horsepower = یک اسب بخار hp	745.700	76.0402	1.013 87	550	1	178.107	641.186	2544.43
1 calorie* per second = یک کالری* بر ثانیه cal/s	4.1868	0.426 935	$5.692\ 46 \times 10^{-3}$	3.088 03	$5.614\ 59 \times 10^{-3}$	1	3.6	14.2860
1 kilocalorie* per hour = یک کیلوکالری* برساعت kcal/h	1.163	0.118 593	$1.581\ 24 \times 10^{-3}$	0.857 735	$1.559\ 61 \times 10^{-3}$	0.277 778	1	3.968 32
1 British thermal unit per hour = یک واحد حرارتی انگلیسی بر ساعت Btu/h	0.293 071	$2.988\ 49 \times 10^{-2}$	$3.984\ 66 \times 10^{-4}$	0.216 158	$3.930\ 13 \times 10^{-4}$	0.069 998 8	0.251 996	1

* این کالری برابر کالری جدول بین المللی است . برای شرح سه نوع کالری به بند ۳۶ ـ ۶ مراجعه شود .

omoorepeyman.ir

(رجوع شود به ۳۶–۵)

1 cal/s = 4.1868 W	کالری بر ثانیه	
1 kcal/h = 1.163 W	کیلوکالری بر ساعت	
1 Btu/h = 0.293 071 W	واحد حرارتی انگلیسی بر ساعت	

تن سرد کننده = 12 000 Btu/h = 3.516 85 kW

ضریبهای تبدیل بیشتر واحدهایی که در بالا ذکر شد، در جدول ۳۷ داده شده است.

۳۸. درجه حرارت و اختلاف درجه حرارت

۳۸–۱. واحد درجه‌حرارت در سیستم SI، کلوین (K) است. کلوین یکی از واحدهای اصلی SI بوده و مقدار آن برابر $(\frac{1}{273/16})$ درجه ترمودینامیکی نقطه سه گانه آب* تعریف شده است. کلوین برای بیان درجه ترمودینامیکی که مبنای آن صفر مطلق است و نیز برای بیان هر اختلاف درجه حرارتی به کار می‌رود.

۳۸–۲. واحد درجه حرارتی که در سیستم متریک زیاد کاربرد دارد، درجه سلسیوس ($^{\circ}C$) است که هنوز عده زیادی اصطلاح سانتیگراد را به غلط به جای سلسیوس به کار می‌برند. در حال حاضر، صفر فرضی برای درجه سلسیوس ($^{\circ}C$) دقیقا" براساس درجه ترمودینامیکی و برابر k ۲۷۳/۱۵ تعریف شده است. قبلا" این نقطه براساس درجه ذوب یخ در فشار یک اتمسفر تعریف می‌شده است.

واحد اختلاف درجه حرارت، یعنی یک درجه سلسیوس و یک درجه کلوین برحسب تعریف دقیقا" مساوی است:

$$1\ ^{\circ}C = 1\ K$$

بدین ترتیب، هر اختلاف درجه حرارتی از نظر عددی برای درجه سلسیوس ($^{\circ}C$) و درجه کلوین K مقدار یکسانی است.

فرمولهایی که رابطه بین درجه حرارتهای سلسیوس و ترمودینامیکی و دیگر درجه حرارتها را نشان می‌دهد، در جدول ۳۸ داده شده است.

۳۸–۳. واحد سنتی وعملی درجه حرارت در انگلستان و آمریکا فارنهایت است که کم‌کم تبدیل به درجه سلسیوس خواهد شد. درجه‌بندی فارنهایت کاملا" تعریف نشده است؛ ولی به طور کلی این طور شناخته می‌شود که:

۳۲ $^{\circ}F$ نقطه ذوب یخ

۲۱۲ $^{\circ}F$ نقطه جوش آب در فشار یک اتمسفر

---

* درجه حرارت در نقطه سه گانه آب (درحالتی که آب و یخ و بخار در حال تعادل می‌باشند) به جای درجه حرارت نقطه ذوب یخ در فشار اتمسفر به کار می‌رود.

omoorepeyman.ir

واحد اختلاف درجه حرارت فارنهایت $^{\circ}F$ برابر پنج نهم واحد اختلاف درجه حرارت سلسیوس ($^{\circ}C$) است در این مورد :

$$1\,^{\circ}F = \left(\frac{5}{9}\,^{\circ}C\right) = \left(\frac{5}{9}K\right)$$

فرمولهایی که ارتباط بین درجه فارنهایت و سلسیوس و دیگر درجه حرارتها را نشان می‌دهد ، در جدول ۳۸ داده شده است .

۳۸ـ۴ . برای درجه حرارتهای ترمودینامیکی هنوز در بعضی موارد درجه رانکین ($^{\circ}R$) به کار می‌رود . اختلاف درجه‌حرارت رانکین برابر $1^{\circ}F$ می‌باشد و درجه حرارت ترمودینامیکی صفر رانکین ، صفر مطلق است . به جدول ۳۸ مراجعه شود .

۳۸ـ۵ . در استانداردهای قبلی علامت " deg " به عنوان معرف اختلاف درجه حرارت و علامت (°) مشخص کننده درجه حرارت بود ؛ ولی بعداً تصمیم گرفته شد که از به‌کار بردن علامت " deg " صرف‌نظر شود .

اگر مقادیر معادل چهار نوع مقیاس درجه حرارت $(r)^{\circ}R, (t)^{\circ}F, (\theta)^{\circ}C, (T)K$ به ترتیب ، نشان دهنده درجه حرارتهای کلوین ، سلسیوس ، فارنهایت و رانکین باشد . رابطه فرمولی مقادیر عددی (T) ، (θ) ، (t) و (r) مطابق جدول ۳۸ است :

جدول ۳۸ . مقادیر معادل چهار نوع مقیاس درجه حرارت

(کلوین)	$[T] = [\theta] + 273.15$	$= \frac{5}{9}([t] + 459.67)$	$= \frac{5}{9}[r]$
(درجه سلسیوس)	$[\theta] = [T] - 273.15$	$= \frac{5}{9}([t] - 32)$	$= \frac{5}{9}([r] - 491.67)$
(درجه فارنهایت)	$[t] = \frac{9}{5}[T] - 459.67$	$= \frac{9}{5}[\theta] + 32$	$= [r] - 459.67$
(درجه رانکین)	$[r] = \frac{9}{5}[T]$	$= \frac{9}{5}[\theta] + 491.67$	$= [t] + 459.67$

توضیح ـ (اختلاف درجه حرارت به $^{\circ}F$ یا $^{\circ}R$) $= \frac{5}{9}$ (اختلاف درجه حرارت به $^{\circ}C$ یا K)

۳۹ . انرژی ویژه ($\frac{\text{انرژی یا حرارت}}{\text{جرم}}$)

۳۹ـ۱ . اصطلاحات مختلفی برای انرژی بر واحدجرم وجود دارد که بعضی از آنها به قرار زیر است :

آنتالپی ویژه

گرمای نهان ویژه

مقدار کالری فیک ، برمبنای جرم

در سیستم SI ، برای چنین کمیتهایی ، واحد ژول بر کیلوگرم (J/kg) به کار می‌رود .

omoorepeyman.ir

جدول ۳۹. انرژی ویژه (مثل مقدار کالری فیک براساس جرم ، گرمای نهان ویژه ، آنتالپی)

	ژول بر کیلوگرم J/kg	کیلو کالری* بر کیلوگرم $kcal_{IT}/kg$	کیلو کالری ترموشیمی بر کیلو گرم $kcal_{th}/kg$	کیلو کالری $^{\circ}C$ ۱۵ بر کیلوگرم $kcal_{15}/kg$	واحد حرارتی انگلیسی بر پاونـد Btu/lb	فوت پاوند ــ نیرو بر پاوند ft lbf/lb	کیلوگرم ــ نیرو متر بر کیلوگرم kgf m/kg
1 joule per kilogram = یک ژول بر کیلوگرم J/kg	**1**	$0.238\,846 \times 10^{-3}$	$0.239\,006 \times 10^{-3}$	$0.238\,920 \times 10^{-3}$	$0.429\,923 \times 10^{-3}$	0.334 553	0.101 972
1 kilocalorie* per kilogram = یک کیلوکالری* برکیلوگرم $kcal_{IT}/kg$	**4186.8**	1	1.000 67	1.000 31	**1.8**	1400.70	426.935
1 thermochemical kilocalorie per kilogram = یک کیلوکالری ترموشیمی برکیلوگرم $kcal_{th}/kg$	**4184**	0.999 331	**1**	0.999 642	1.798 80	1399.77	426.649
1 15 °C kilocalorie per kilogram = یک کیلوکالری $^{\circ}C$ ۱۵ برکیلوگرم $kcal_{15}/kg$	4185.5	0.999 690	1.000 36	1	1.799 44	1400.27	426.802
1 British thermal unit per pound = یک واحد حرارتی انگلیسی برپاوند Btu/lb	**2326**	0.555 556	0.555 927	0.555 728	**1**	778.169	237.186
1 foot pound-force per pound = یک فوت پاوند ــ نیرو بر پاوند ft lbf/lb	2.989 07	$7.139\,26 \times 10^{-4}$	$7.144\,04 \times 10^{-4}$	$7.141\,48 \times 10^{-4}$	$1.285\,07 \times 10^{-3}$	**1**	0.3048
1 kilogram-force metre per kilogram = یک کیلوگرم ــ نیرو متر بر کیلوگرم kgf m/kg	**9.806 65**	$2.342\,28 \times 10^{-3}$	$2.343\,85 \times 10^{-3}$	$2.343\,01 \times 10^{-3}$	$4.216\,10 \times 10^{-3}$	3.2?? 84	**1**

* این کالری برابر کالری جدول بین المللی است . برای شرح سه نوع کالری به بند ۳۶ ــ ۶ مراجعه شود .

omoorepeyman.ir

۳۹ – ۲. دیگر واحدهایی که در بعضی موارد، در سیستم متریک به کار می‌رود، به قرار زیر است:

کیلو کالری بر کیلوگرم (k cal / kg) (به بند ۳۶ – ۶ مراجعه شود.)

کیلوگرم – نیرومتر بر کیلوگرم (kg fm / kg)

1 $kcal_{IT}$/kg = 4186.8 J/kg
1 $kcal_{th}$/kg = 4184 J/kg
1 $kcal_{15}$/kg = 4185.5 J/kg (تقریبا ")
1 kgf m/kg = 9.806 65 J/kg

۳۹ – ۳. واحدهای انگلیسی برای انرژی ویژه، به قرار زیر است:

واحد حرارتی انگلیسی بر پاوند (Btu/lb)

فوت – پاوند نیرو بر پاوند (ft lbf/lb)

1 Btu/lb = 2326 J/kg

1 ft lbf/lb = 2.989 07 J/kg (تقریبا ")

ضریبهای تبدیل واحدهای بالا، در جدول ۳۹ نشان داده شده است.

۴۰. ظرفیت حرارتی بر مبنای حجم ($\frac{\text{حرارت}}{\text{حجم}}$)

مورد کاربرد در مقدار کالری فیک براساس حجم.

۴۰ – ۱. در سیستم SI، واحد این کمیت که بیشتر در مورد احتراق سوختهای گازی یا مایع به کار می‌رود، ژول بر مترمکعب (J/m^3) است؛ ولی در اکثر موارد، (KJ/m^3) یا (MJ/m^3) به کار برده می‌شود.

۴۰ – ۲. واحدهای متداول در کشورهایی که سیستم متریک را به کار می‌برند، عبارت است از:

کیلوکالری بر مترمکعب

ترمی بر لیتر (th/litre)

1 $kcal_{IT}/m^3$ = 4186.8 J/m^3
1 $kcal_{th}/m^3$ = 4184 J/m^3
1 $kcal_{15}/m^3$ = 4185.5 J/m^3
1 thermie/litre = 4185.5 × 10^6 J/m^3

(در مورد لیتر به بند ۴ – ۳ مراجعه شود.)

۴۰ – ۳. واحدهای انگلیسی برای ظرفیت گرمایی براساس حجم به قرار زیر است:

واحد حرارتی انگلیسی بر فوت مکعب (Btu/ft^3)

ترم بر گالن انگلیسی (therm/UKgal)

1 Btu/ft^3 = 37 258.9 J/m^3
1 therm/UKgal = 2.320 80 × 10^{10} J/m^3

omoorepeyman.ir

جدول ۴۰ ــ ۱ . مقدار کالری فیک براساس حجم

	ژول بر متر مکعب J/m^3	کیلو کالری* بر مترمکعب $kcal_{IT}/m^3$	کیلوکالری ترموشیمی بر متر مکعب $kcal_{th}/m^3$	کیلو کالری ۱۵ C° بر متر مکعب $kcal_{15}/m^3$	واحد حرارتی انگلیسی بر فوت مکعب** Btu/ft^3	ترم بر گالن انگلیسی therm/UKgal	ترمی بر لیتر*** th/litre
1 joule per cubic metre = یک ژول بر متر مکعب J/m^3	1	$0.238\,846\times10^{-3}$	$0.239\,006\times10^{-3}$	$0.238\,920\times10^{-3}$	26.8392×10^{-6}	$4.308\,85\times10^{-11}$	$2.389\,20\times10^{-10}$
1 kilocalorie* per cubic metre = یک کیلوکالری* بر مترمکعب $kcal_{IT}/m^3$	4186.8	1	1.000 67	1.000 31	0.112 370	$1.804\,04\times10^{-7}$	$1.000\,31\times10^{-6}$
1 thermochemical kilocalorie per cubic metre = یک کیلوکالری ترموشیمی بر متر مکعب $kcal_{th}/m^3$	4184	0.999 331	1	0.999 642	0.112 295	$1.802\,83\times10^{-7}$	$0.999\,642\times10^{-6}$
1 15 °C kilocalorie per cubic metre = یک کیلو کالری $15^{\circ}C$ بر متر مکعب $kcal_{15}/m^3$	4185.5	0.999 690	1.000 36	1	0.112 335	$1.803\,47\times10^{-7}$	1×10^{-6}
1 British thermal unit per cubic foot† = یک واحد حرارتی انگلیس بر فوت مکعب** Btu/ft^3	37 258.9	8.899 15	8.905 10	8.901 91	1	$1.605\,44\times10^{-6}$	$8.901\,91\times10^{-6}$
1 therm per UK gallon = یک ترم بر گالن انگلیسی therm/UKgal	$2.320\,80\times10^{10}$	$5.543\,13\times10^{6}$	$5.546\,84\times10^{6}$	$5.544\,83\times10^{6}$	$6.228\,83\times10^{5}$	1	5.544 85
1 thermie per litre *** = یک ترمی بر لیتر*** th/litre	4185.5×10^{6}	$0.999\,690\times10^{6}$	$1.000\,36\times10^{6}$	$\times10^{6}$	$0.112\,335\times10^{6}$	0.180 347	1

* این کالری برابر کالری جدول بین المللی است . برای شرح سه نوع کالری به بند ۳۶ ــ ۶ مراجعه شود .

** $1\ therm/ft^3 = 10^5\ Btu/ft^3$

*** $1\ dm^3$ = لیتری که در اینجا به کار برده شده است .

توضیح ــ در این جدول ، در مورد گازها محاسبه طوری انجام شده که حجمهای داده شده در تبدیلها ، در شرایط یکسان درجه حرارت ، فشار و رطوبت اندازه‌گیری شده باشد . به جدولهای ۴۰ ــ ۲ و ۴۰ ــ ۳ مراجعه شود .

omoorepeyman.ir

جدول ۴۰ ــ ۲ . مقدار کالری فیک گازها براساس حجم (با شرایط داده شده متفاوت)

	Btu/ft³ (60 °F, 30 inHg مرطوب)	kJ/m³ (0 °C, 760 mmHg خشک)	kJ/m³ (15 °C, 760 mmHg خشک)	kcal/m³ (0 °C, 760 mmHg خشک)	kcal/m³ (0 °C, 760 mmHg مرطوب)	kcal/m³ (15 °C, 760 mmHg خشک)	kcal/m³ (15 °C, 760 mmHg مرطوب)	kcal/m³ (60 °F, 30 inHg مرطوب)
1 Btu/ft³ (60 °F, 30 inHg, مرطوب) =	1	39.972	37.891	9.5471	9.4895	9.0501	8.9980	8.8991
1 kJ/m³ (0 °C, 760 mmHg, خشک) =	0.025 018							
1 kJ/m³ (15 °C, 760 mmHg, خشک) =	0.026 392							
1 kcal/m³ (0 °C, 760 mmHg, خشک) =	0.104 74							
1 kcal/m³ (0 °C, 760 mmHg, مرطوب) =	0.105 38							
1 kcal/m³ (15 °C, 760 mmHg, خشک) =	0.110 50							
1 kcal/m³ (15 °C, 760 mmHg, مرطوب) =	0.112 38							
1 kcal/m³ (60 °F, 30 inHg, wet) = مرطوب)	0.112 37							

مقادیر فشار بخار آبی که برای محاسبه ضریبهای جدول داده شده، به قرار زیر است :

فشار بخار	درجه حرارت
mmHg	$0^{\circ}C$
4.581	$15^{\circ}C$
12.771	$60^{\circ}F$
13.[illegible]	

برای تعریف واحدهای فشار mmHg و in Hg، به بند ۳۲ ــ ۵ مراجعه شود .

توضیح ۱ ــ در این جدول منظور از کلمه "مرطوب" اشباع شده با بخار آب در درجه حرارت تعیین شده می‌باشد .

توضیح ۲ ــ
760 mmHg = 1 atm = 1013.25 mbar = 101.325 kPa.
30 inHg = 762 mmHg = 1015.92 mbar = 101.592 kPa.

omoorepeyman.ir

۴۰ ــ ۴. در رابطه‌های بالا و در جدول ۴۰ ــ ۱ در مورد گازها، محاسبه طوری انجام شده که حجمهای داده‌شده در جدول تبدیل دارای شرایط یکسان درجه حرارت، فشار و رطوبت می‌باشند. برای تبدیل مقدار کالری فیک براساس حجم، در صورتی که شرایط داده شده یکسان نباشد، به جدولهای ۴۰ ــ ۲ و ۴۰ ــ ۳ مراجعه شود.

جدول ۴۰ ــ ۳. ضریبهای تبدیل که توسط صنایع گاز انگلستان به کار می‌رود.

ضریب تبدیل برای برگردان از واحدهای حرارتی انگلیسی بر فوت مکعب (اندازه‌گیری شده در $60^{\circ}F$ و 30 اینچ جیوه و اشباع شده با آب) به مگاژول بر مترمکعب استاندارد (اندازه‌گیری شده در $15^{\circ}C$ و فشار 1013.25 mm bar و خشک) به قرار زیر است:

$1\ Btu/ft^3 = 0.037\ 96\ MJ/m^3$

$1\ MJ/m^3 = 26.34\ Btu/ft^3$

دیگر ضریبهای تبدیل در شرایط متفاوت، در جدول زیر داده شده است.

هنگامی که دو واحد حرارتی انگلیسی به عنوان پایه داده شده از نظر عملی فرقی بین آن دو نیست. در صنایع گاز، واحد حرارتی انگلیسی براساس کالری $^{\circ}$ ۱۵ می‌باشد.

		MJ/m^3 15 °C 1013.25 mbar		Btu/ft^3 60 °F, 30 inches Hg (IT calorie)		Btu/ft^3 60 °F, 30 inches Hg (15 ° calorie)	
		خشک	اشباع شده	خشک	اشباع شده	خشک	اشباع شده
MJ/m^3 15 °C 1013.25 mbar	خشک	1	0.9832	26.80	26.33	26.81	26.34
	اشباع شده	1.017	1	27.26	26.78	27.27	26.79
Btu/ft^3 (براساس کالری بین المللی) 60 °F 30 inches Hg (International calorie basis)	خشک	0.037 31	0.036 69	1	0.9826	1.000	0.9829
	اشباع شده	0.037 97	0.037 34	1.018	1	1.018	1.000
Btu/ft^3 (براساس کالری $^{\circ}$ ۱۵) 60 °F 30 inches Hg (15 ° calorie basis)	خشک	0.037 30	0.036 67	0.9997	0.9823	1	0.9826
	اشباع شده	0.037 96	0.037 32	1.017	0.9997	1.018	1

توضیح ــ به شرایط اصلی داده شده در جدول ۴۰ ــ ۲ و ۴۰ ــ ۳ باید کاملا" توجه شود.

(۱) در جدول ۴۰ ــ ۲، واحد حرارتی انگلیسی فقط به یک کالری، یعنی کالری جدول بین المللی ارتباط پیدا می‌کند (به بند ۳۶ ــ ۶ مراجعه شود). در صورتی که در جدول ۴۰ ــ ۳، مقدار Btu با دو نوع کالری یعنی کالری جدول بین المللی (کالری IT) و کالری $15^{\circ}C$ بستگی دارد.

(۲) فشار ۳۰in Hg، همان طور که نشان داده شده است، در شرایط جدول ۴۰ ــ ۳، برابر با ۱۰۱۳/۷۴۰۵ میلی‌بار می‌باشد. فشار ۳۰in Hg در جدول ۴۰ ــ ۲ (همان‌طور که در بند ۳۲ ــ ۵ تعریف شده است) تقریبا" برابر ۱۰۱۵/۹۱۶۶ میلی‌بار نشان داده شده است.

omoorepeyman.ir

۴۱. ظرفیت حرارتی ویژه* $\frac{\text{حرارت}}{\text{(اختلاف درجه حرارت × جرم)}}$

۴۱ – ۱. واحد ظرفیت حرارتی ویژه در سیستم SI ، ژول بر کیلوگرم کلوین (J /kg K) است.

۴۱ – ۲. گاهی درجه سلسیوس برای بیان واحد بالا به کار می‌رود.

$$1\ J/(kg\ °C) = 1\ J/(kg\ K)$$

۴۱ – ۳. سایر واحدهای متریک در این مورد عبارت است از:

کیلوکالری بر کیلوگرم کلوین (kcal/(kg K)) (برای کالریهای مختلف به‌بند ۳۶–۶ مراجعه شود.)

کیلوگرم – نیرومتر بر کیلوگرم کلوین (kgf m/(kg K))

$$1\ kcal_{IT}/(kg\ K) = 4186.8\ J/(kg\ K)$$
$$1\ kcal_{th}/(kg\ K) = 4184\ J/(kg\ K)$$
$$1\ kcal_{15}/(kg\ K) = 4185.5\ J/(kg\ K)$$
$$1\ kgf\ m/(kg\ K) = 9.806\ 65\ J/(kg\ K)$$

۴۱ – ۴. واحدهای انگلیسی برای این کمیت عبارت است از:

واحد حرارتی انگلیسی بر پاوند درجه فارنهایت (Btu/(lb °F))

فوت پاوند – نیرو بر پاوند درجه فارنهایت (ft lbf/(lb °F))

$$1\ Btu/(lb\ °F) = 4186.8\ J/(kg\ K)$$
$$1\ ft\ lbf/(lb\ °F) = 5.380\ 32\ J/(kg\ K)$$

ضریبهای تبدیل واحدهای ظرفیت حرارتی ویژه، در جدول ۴۱ داده شده است.

۴۲. آنتروپی ویژه $\frac{\text{حرارت}}{\text{(درجه‌حرارت ترمودینامیکی × جرم)}}$

جدول ۴۱ را می‌توان برای تبدیل مقادیر آنتروپی ویژه، که در زیر شرح داده می‌شود، نیز به کار برد:

ژول بر کیلوگرم کلوین J/(kg K)

کیلوکالری بر کیلوگرم کلوین kcal/(kg K)

واحد حرارتی انگلیسی بر پاوند درجه رانکین Btu/(lb °R)

۴۳. ظرفیت حرارتی، براساس حجم** $\frac{\text{حرارت}}{\text{(اختلاف درجه‌حرارت × حجم)}}$

۴۳ – ۱. واحد ظرفیت حرارتی براساس حجم در سیستم SI، ژول بر مترمکعب کلوین ($J/(m^3K)$) می‌باشد.

*** در مورد ظرفیتهای حرارتی که معمولا " براساس جرم یا براساس حجم بیان شده است ، در قدیم ، اصطلاح "حرارت ویژه" متداول بوده است؛ ولی در حال حاضر بهتر است به جای واژه " ویژه "، عبارت بر واحد جرم به کار رود.**

**** این‌عبارت ،گاهی با اصطلاح حرارت ویژه براساس حجم بیان می‌شود (به‌پانوشت بخش ۴۱ مراجعه شود)**

omoorepeyman.ir

جدول ۴۱. حرارت ویژه براساس جرم

	ژول بر کیلوگرم کلوین * J/(kg K)	کیلوکالری بر کیلوگرم کلوین ** $kcal_{IT}$/(kg K)	کیلوکالری ترموشیمی بر کیلوگرم کلوین $kcal_{th}$/(kg K)	کیلوکالری $15^{\circ}C$ بر کیلوگرم‌کلوین $kcal_{15}$/(kg K)	واحد حرارتی انگلیسی بر پاوند درجه فارنهایت Btu/(lb °F)	فوت ـ پاوند نیرو بر پاوند درجه فارنهایت ft lbf/(lb °F)	کیلوگرم ـ نیرومتر بر کیلوگرم کلوین kgf m/(kg K)
1 joule per kilogram kelvin * = یک ژول بر کیلوگرم کلوین * J/(kg K)	1	$0.238\,846 \times 10^{-3}$	$0.239\,006 \times 10^{-3}$	$0.238\,9__ \times 10^{-3}$	$0.238\,846 \times 10^{-3}$	0.185 353	0.101 972
1 kilocalorie ** per kilogram kelvin = یک کیلو کالری ** بر کیلوگرم کلوین $kcal_{IT}$/(kg K)	4186.8	1	1.000 67	1.000 31	1	778.169	426.935
1 thermochemical kilocalorie per kilogram kelvin = یک کیلو کالری ترموشیمی بر کیلوگرم کلوین $kcal_{th}$/(kg K)	4184	0.999 331	1	0.999 642	0.999 331	777.649	426.649
1 15 °C kilocalorie per kilogram kelvin = یک کیلو کالری $15^{\circ}C$ بر کیلوگرم کلوین $kcal_{15}$/(kg K)	4185.5	0.999 690	1.000 36	1	0.999 690	777.928	426.802
1 British thermal unit per pound degree Fahrenheit = یک واحد حرارتی انگلیسی بر پاوند درجه فارنهایت Btu/(lb °F)	4186.8	1	1.000 67	1.000 31	1	778.169	426.935
1 foot pound-force per pound degree Fahrenheit = یک فوت پاوند ـ نیرو برپاوند درجه‌فارنهایت ft lbf/(lb °F)	5.380 32	$1.285\,07 \times 10^{-3}$	$1.285\,93 \times 10^{-3}$	$1.285\,47 \times 10^{-3}$	$1.285\,07 \times 10^{-3}$	1	0.548 64
1 kilogram-force metre per kilogram kelvin = یک کیلوگرم ـ نیرو متر برکیلوگرم کلوین kgf m/(kg K)	9.806 65	$2.342\,28 \times 10^{-3}$	$2.343\,85 \times 10^{-3}$	$2.343\,01 \times 10^{-3}$	$2.342\,28 \times 10^{-3}$	1.822 69	1

* در این جدول ، می‌توان در تمام مواردی که کلوین به کار برده شده ، جای کلوین را با درجه سلسیوس ($^{\circ}C$) عوض نمود . مثلا " J/(kgk) " اغلب به صورت $J/(kg^{\circ}C)$ نشان داده می‌شود .

** این کالری برابر کالری جدول بین المللی است . برای شرح سه نوع کالری به بند ۳۶ ـ ۶ مراجعه شود .

توضیح ـ این جدول را می‌توان برای تبدیلهای مقادیر آنتروپی نیز به کار برد . مثل $Btu/(1\ b^{\circ}R)$, Kcal/(kgK) , J/(kgK)

omoorepeyman.ir

جدول ۴۳. ظرفیت حرارتی براساس حجم

	ژول برمترمکعب کلوین *	کیلوکالری برمترمکعب کلوین **	کیلوکالری ترموشیمی برمترمکعب کلوین	کیلوکالری °۱۵ بر مترمکعب کلوین	واحد حرارتی انگلیسی برفوت‌مکعب درجه‌فارنهایت
	$J/(m^3\ K)$	$kcal_{IT}/(m^3\ K)$	$kcal_{th}/(m^3\ K)$	$kcal_{15}/(m^3\ K)$	$Btu/(ft^3\ °F)$
1 joule per cubic metre kelvin* = یک ژول بر مترمکعب کلوین * $J/(m^3\ K)$	1	$0.238\,846 \times 10^{-3}$	$0.239\,006 \times 10^{-3}$	$0.238\,920 \times 10^{-3}$	$14.910\,7 \times 10^{-6}$
1 kilocalorie** per cubic metre kelvin = یک کیلوکالری برمترمکعب کلوین ** $kcal_{IT}/(m^3\ K)$	4186.8	1	1.000 67	1.000 31	0.062 428 0
1 thermochemical kilocalorie per cubic metre kelvin = یک کیلو کالری ترموشیمی برمترمکعب کلوین $kcal_{th}/(m^3\ K)$	4184	0.999 331	1	0.999 642	0.062 386 2
1 15 °C kilocalorie per cubic metre kelvin = یک‌کیلوکالری °۱۵ برمترمکعب کلوین $kcal_{15}/(m^3\ K)$	4185.5	0.999 690	1.000 36	1	0.062 408 6
1 British thermal unit per cubic foot degree Fahrenheit = یک‌واحد حرارتی‌انگلیسی برفوت‌مکعب درجه‌فارنهایت $Btu/(ft^3\ °F)$	67 066.1	16.0185	16.0292	16.0234	1

*** در این جدول ، می‌توان در تمام مواردی که کلوین به کار برده شده ، جای کلوین را با درجه سلسیوس ($^{\circ}C$) عوض نمود .**

**** این کالری برابر کالری جدول بین المللی است . برای شرح سه نوع کالری به بند ۳۶ ــ ۶ مراجعه شود .**

در این جدول در مورد گازها محاسبه طوری انجام شده که حجمهای داده شده در تبدیلها در شرایط یکسان درجه حرارت ، فشار و رطوبت اندازه‌گیری شده باشد .

۴۳ ــ ۲ . درجه سلسیوس اغلب برای بیان واحد بالا به کار می‌رود .

$$1\ J/(m^3\ °C) = 1\ J/(m^3\ K)$$

سایر واحدهای متریک برای این کمیت عبارت است از :

کیلوکالری بر مترمکعب کلوین $kcal/(m^3K)$ (برای کالریهای مختلف به بند ۳۶ ــ ۶ مراجعه شود .)

$$1\ kcal_{IT}/(m^3\ K) = 4186.8\ J/(m^3\ K)$$
$$1\ kcal_{th}/(m^3\ K) = 4184\ J/(m^3\ K)$$
$$1\ kcal_{15}/(m^3\ K) = 4185.5\ J/(m^3\ K)$$

۴۳ ــ ۳ . واحد انگلیسی برای ظرفیت حرارتی براساس حجم ، عبارت است از :

واحد حرارتی انگلیسی بر فوت مکعب درجه فارنهایت $Btu/(Ft^{3o}F)$

$$1\ Btu/(ft^3\ °F) = 67\,066.1\ J/(m^3\ K)$$

برای تبدیل ضریبهای واحدهای ظرفیت حرارتی براساس حجم ، به جدول ۴۳ مراجعه شود .

در جدول ۴۳ و در ضریبهای تبدیل بالا ، برای گازها ، حجمهایی که منظور گردیده‌است در شرایط مساوی درجه حرارت ، فشار و رطوبت است .

omoorepeyman.ir

۴۴. چگالی جریان حرارتی ($\frac{\text{حرارت}}{\text{زمان} \times \text{سطح}}$)

۴۴ ـ ۱. واحد این کمیت که گاهی به عنوان شدت جریان حرارتی نیز شناخته می‌شود، وات بر متر مربع (W/m^2) می‌باشد و در محاسبه‌های اتلاف حرارتی سطحها نیز کاربرد دارد.

۴۴ ـ ۲. سایر واحدهای متریک برای این کمیت عبارت است از:

کالری‌بر سانتیمتر مربع ثانیه ($cal/(cm^2\ s)$) برای کالریهای مختلف‌به‌بند

کیلو کالری بر متر مربع ساعت ($kcal/(m^2\ h)$) ۳۶ ـ ۶ مراجعه شود.)

$1\ cal_{IT}/(cm^2\ s) = 41\,868\ W/m^2$

$1\ kcal_{IT}/(m^2\ h) = 1.163\ W/m^2$

۴۴ ـ ۳. واحدهای انگلیسی معادل برای این کمیت عبارت است از:

واحد حرارتی انگلیسی بر فوت مربع ساعت ($Btu/(ft^2\ h)$)

وات بر اینچ مربع (W/in^2)

$1\ Btu/(ft^2\ h) = 3.154\ 59\ W/m^2$

$1\ W/in^2 = 1550.00\ W/m^2$

ضرایب تبدیل واحدهای چگالی جریان حرارتی در جدول ۴۴ داده شده است.

جدول ۴۴. چگالی جریان حرارتی، شدت مقدار جریان حرارتی (مثلا " حرارتی که سطحها از دست می‌دهند)

			W/m^2	W/in^2	$cal_{IT}/(cm^2\ s)$	$kcal_{IT}/(m^2\ h)$	$Btu/(ft^2\ h)$
یک‌وات بر متر مربع	1 watt per square metre W/m^2	=	1	6.4516×10^{-4}	$0.238\ 846 \times 10^{-4}$	0.859 845	0.316 998
یک وات براینچ‌مربع	1 watt per square inch W/in^2	=	1550.00	1	$3.702\ 12 \times 10^{-2}$	1332.76	491.348
یک کالری* بر سانتی مربع ثانیه	1 calorie* per square centimetre second $cal_{IT}/(cm^2\ s)$	=	41 868	27.0116	1	36 000	13 272.1
یک کیلو کالری* بر متر مربع ساعت	1 kilocalorie* per square metre hour $kcal_{IT}/(m^2\ h)$	=	1.163	$7.503\ 21 \times 10^{-4}$	$2.777\ 78 \times 10^{-5}$	1	0.368 669
یک‌واحد حرارتی انگلیس برفوت‌مکعب ساعت	British thermal unit per square foot hour $Btu/(ft^2\ h)$	=	3.154 59	$2.035\ 22 \times 10^{-3}$	$7.534\ 61 \times 10^{-5}$	2.712 46	1

* این کالری، برابر جدول بین المللی است، برای شرح سه‌نوع کالری به بند ۳۶ ـ ۶ مراجعه شود.

omoorepeyman.ir

۴۵. هدایت حرارتی (ضریب عبور حرارت)

۱ (توان / اختلاف درجه حرارت × سطح) یا (حرارت / اختلاف درجه حرارت × زمان × سطح)

۴۵ – ۱. واحد این کمیت در سیستم SI وات بر متر مربع کلوین ($W/(m^2K)$) می‌باشد.

۴۵ – ۲. درجه سلسیوس $^{\circ}C$ نیز اغلب برای بیان واحد بالا به کار می‌رود.

$1\ W/(m^2\ ^{\circ}C) = 1\ W/(m^2\ K)$

همین طور در تمام بخش ۴۵ می‌توان به جای کلوین یا K، از $^{\circ}C$ استفاده نمود.

۴۵ – ۳. سایر واحدهای متریک در این مورد به قرار زیر است:

کالری بر سانتیمتر مربع ثانیه کلوین	[cal/(cm² s K)]
کیلوکالری بر مترمربع ساعت کلوین	[kcal/(m² h K)]

ضریبهای تبدیلی که در زیر به کار برده شده، مربوط به کالری جدول بین المللی است.
برای کالریهای دیگر، به بند ۳۶ – ۶ مراجعه شود.

$1\ cal/(cm^2\ s\ K) = 41\ 868\ W/(m^2\ K)$
$1\ kcal/(m^2\ h\ K) = 1.163\ W/(m^2\ K)$

۴۵ – ۴. واحدهای انگلیسی که برای این کمیت معمول است، به قرار زیر است:
واحد حرارتی انگلیسی بر فوت مربع ساعت درجه فارنهایت ($Btu/(ft^2h^{\circ}F)$) برای تبدیل ضریبهای واحدهای هدایت حرارتی به جدول ۴۵ مراجعه شود.

جدول ۴۵. هدایت حرارتی

		W/(m² K)*	cal/(cm² s K)	kcal/(m² h K)	Btu/(ft² h °F)
1 watt per square metre kelvin* = W/(m² K)	یکوات بر متر مربع کلوین*	1	$0.238\ 846 \times 10^{-4}$	0.859 845	0.176 110
1 calorie** per square centimetre second kelvin = cal/(cm² s K)	یک کالری** برسانتیمتر مربع ثانیه کلوین	41 868	1	36 000	7373.38
1 kilocalorie** per square metre hour kelvin = kcal/(m² h K)	یک کیلوکالری** بر متر مربع ساعت کلوین	1.163	$2.777\ 78 \times 10^{-5}$	1	0.204 816
1 British thermal unit per square foot hour degree Fahrenheit = Btu/(ft² h °F)	یکواحد حرارتی انگلیسی برفوت مربع ساعت درجه فارنهایت	5.678 26	$1.356\ 23 \times 10^{-4}$	4.882 43	1

* در این جدول، می‌توان در تمام مواردی که کلوین به کار برده شده، جای کلوین را با درجه سلسیوس ($^{\circ}C$) عوض نمود. مثلا $W/(m^2\ ^{\circ}C)$ اغلب به صورت $W/(m^2K)$ نشان داده می‌شود.

** این کالری برابر جدول بین‌المللی می‌باشد. برای توضیح سه‌نوع کالری به بند ۳۶–۶ مراجعه شود.

---

۱. معادل (جریان حرارتی / اختلاف درجه‌حرارت) نیز می‌باشد.

omoorepeyman.ir

۴۶. قابلیت هدایت حرارتی ($\frac{\text{طول} \times \text{حرارت}}{\text{اختلاف درجه حرارت} \times \text{زمان} \times \text{سطح}}$)

۴۶ ــ ۱. واحد این کمیت در سیستم SI، وات بر متر کلوین W/(mk) می‌باشد.

۴۶ ــ ۲. درجه سلسیوس ($^{\circ}C$) اغلب برای بیان واحد بالا به کار می‌رود.

1 W/(m °C) = 1 W/(m K)

همین طور در تمام بخش ۴۶ می‌توان به جای کلوین یا K از $^{\circ}C$ استفاده نمود.

۴۶ ــ ۳. سایر واحدهای متریک در این مورد به قرار زیر است:

کالری بر سانتیمتر ثانیه کلوین [cal/(cm s K)]

کیلوکالری بر متر ساعت کلوین [kcal/(m h K)]

ضریبهای تبدیلی که در زیر به کار برده شده، مربوط به کالری جدول بین المللی است. برای کالریهای دیگر به بند ۳۶ ــ ۶ مراجعه شود.

1 cal/(cm s K) = 418.68 W/(m K)

1 kcal/(m h K) = 1.163 W/(m K)

۴۶ ــ ۴. دو واحد انگلیسی که برای این کمیت معمول است، به قرار زیر است:

واحد حرارتی انگلیسی بر فوت ساعت درجه فارنهایت Btu/(ft h $^{\circ}F$)

واحد حرارتی انگلیسی اینچ بر فوت مربع ساعت درجه فارنهایت Btuin/(ft^2h$^{\circ}F$)

1 Btu/(ft h °F) = 1.730 73 W/(m K)

1 Btu in/(ft^2 h °F) = 0.144 228 W/(m K)

برای تبدیل ضریبهای واحدهای قابلیت هدایت حرارتی، به جدول ۴۶ مراجعه شود.

جدول ۴۶. قابلیت هدایت حرارتی

			W/(m K)*	cal/(cm s K)†	kcal/(m h K)	Btu/(ft h °F)	Btu in/(ft^2 h °F)
یک وات بر مترکلوین*	1 watt per metre kelvin* W/(m K)	=	1	$0.238\,846 \times 10^{-2}$	0.859 845	0.577 789	6.933 47
یک کالری** بر سانتیمتر ثانیه کلوین	1 calorie** per centimetre second kelvin cal/(cm s K)	=	418.68	1	360	241.909	2902.91
یک کیلو کالری* بر متر ساعت‌کلوین	1 kilocalorie* per metre hour kelvin kcal/(m h K)	=	1.163	$2.777\,78 \times 10^{-3}$	1	0.671 969	8.063 63
یک‌واحد حرارتی‌انگلیسی بر فوت‌ساعت درجه فارنهایت	1 British thermal unit per foot hour degree Fahrenheit Btu/(ft h °F)	=	1.730 73	$4.133\,79 \times 10^{-3}$	1.488 16	1	12
یک‌واحد حرارتی انگلیسی اینچ بر فوت مربع ساعت درجه فارنهایت.	1 British thermal unit inch per square foot hour degree Fahrenheit Btuin/(ft^2h$^{\circ}F$)	=	0.144 228	$3.444\,82 \times 10^{-4}$	0.124 014	0.083 333 3	1

* در این جدول، می‌توان در تمام مواردی که کلوین به کار برده شده، جای کلوین را با درجه سلسیوس ($^{\circ}C$) عوض نمود. مثلا W/(mk) اغلب به صورت W/($m^{\circ}C$) نشان داده می‌شود.

** این کالری برابر کالری جدول بین المللی است. برای شرح سه نوع کالری به بند ۳۶ ــ ۶ مراجعه شود.

omoorepeyman.ir

۴۷ . قابلیت متفاوت حرارتی (اختلاف درجه حرارت × زمان × سطح / طول × حرارت)

واحد قابلیت مقاومت حرارتی (برعکس قابلیت هدایت حرارتی) در سیستم SI متر کلوین بر وات (mK / W) است .

ضریبهای تبدیل واحد قابلیت مقاومت حرارتی و برخی واحدهای دیگر در جدول ۴۷ داده شده است .

همان نکته‌هایی را که در مورد درجه سلسیوس و دیگر کالریها در بند ۴۶ و جدول ۴۶ دیدیم ، در این مورد هم باید مورد توجه قرار گیرد .

جدول ۴۷ . قابلیت مقاومت حرارتی

	m K/W	cm s K/cal*	m h K/kcal*	ft h °F/Btu	ft² h °F/(Btu in)
1 m K/W =	1	418.68	1.163	1.730 73	0.144 228
1 cm s K/cal* =	$0.238\ 846 \times 10^{-2}$	1	$2.777\ 78 \times 10^{-3}$	$4.133\ 79 \times 10^{-3}$	$3.444\ 82 \times 10^{-4}$
1 m h K/kcal* =	0.859 845	360	1	1.488 16	0.124 014
1 ft h °F/Btu =	0.577 789	241.909	0.671 969	1	0.083 333 3
1 ft² h °F/(Btu in) =	6.933 47	2902.91	8.06 . 33	12	1

*** این کالری برابر کالری جدول بین المللی است . برای شرح سه نوع کالری به بند ۳۶ ــ ۶ مراجعه شود .**

۴۸ . میزان پخش حرارتی (مورد کاربرد در کوره‌ها)

(توان / حجم) یا (حرارت / زمان × حجم)

۴۸ ــ ۱ . واحد SI برای این کمیت وات بر متر مکعب (W/m^3) است .

۴۸ ــ ۲ . سایر واحدهای متریک برای این کمیت ، عبارت است از :

کالری بر سانتیمتر مکعب ثانیه [cal/(cm³ s)]

کیلوکالری بر مترمکعب ساعت [kcal/(m³ h)]

ضریبهای تبدیل زیر برای کالری جدول بین المللی است ، برای کالریهای دیگر به بند ۳۶ ــ ۶ مراجعه شود .

1 cal/(cm³ s) = 4.1868×10^6 W/m³

1 kcal/(m³ h) = 1.163 W/m³

۴۸ ــ ۳ . واحد انگلیسی برای این کمیت ، عبارت است از :

واحد حرارتی انگلیسی بر فوت مکعب ساعت [Btu/(ft³ h)]

1 Btu/(ft³ h) = 10.3497 W/m³

omoorepeyman.ir

ضریبهای تبدیل واحدهای میزان پخش حرارتی در جدول ۴۸ داده شده است .

جدول ۴۸ . مقدار انتشار حرارت

	watt per cubic metre W/m³	calorie*/cubic centimetre second cal/(cm³ s)	kilocalorie*/cubic metre hour kcal/(m³ h)	British thermal unit/cubic foot hour Btu/(ft³ h)
1 watt per cubic metre W/m³ = یک وات برمترمکعب	1	$0.238\,846\times10^{-6}$	0.859 845	$9.662\,11\times10^{-2}$
1 calorie* per cubic centimetre second cal/(cm³ s) = یک کالری* بر سانتیمترمکعب ثانیه	4.1868×10^{6}	1	3.6×10^{6}	$4.045\,33\times10^{5}$
1 kilocalorie* per cubic metre hour kcal/(m³ h) = یک کیلوکالری* بر مترمکعب ساعت	1.163	$2.777\,78\times10^{-7}$	1	0.112 370
1 British thermal unit per cubic foot hour Btu/(ft³ h) = یک واحد حرارتی انگلیسی برفوت مکعب ساعت	10.3497	$2.471\,99\times10^{-6}$	8.899 15	1

* این کالری برابر کالری جدول بین المللی است . برای شرح سه نوع کالری به بند ۳۶ ــ ۶ مراجعه شود .

$$1\ w/cm^3=10^6\ w/m^3=1MW/m^3$$

۴۹ . انتشار حرارت ($\frac{\text{سطح}}{\text{زمان}}$)

واحد انتشار حرارت (که از تقسیم قابلیت هدایت حرارتی به گنجایش حرارتی بر واحد حجم به دست می‌آید) در سیستم SI برابر متر مربع بر زمان (m^2/s) است . از آنجا که چسبندگی سینماتیک دارای همین دیمانسیون انتشار حرارت است ، برای واحدها و ضریبهای تبدیل به بخش ۳۵ و جدول ۳۵ مراجعه شود .

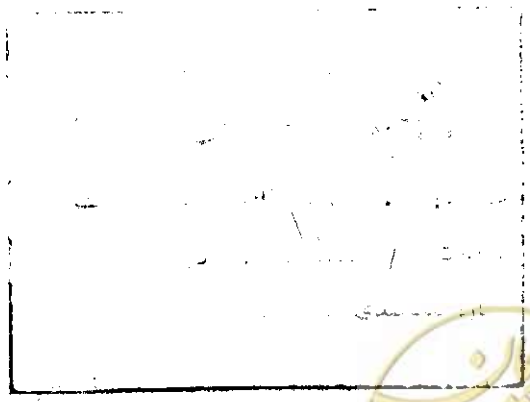
omoorepeyman.ir

BSI

BS 350 : Part 1 : 1974
UDC 511.168.3 : 53.081
CONFIRMED OCTOBER 1983

Conversion factors and tables

Part 1. Basis of tables. Conversion factors



British Standards Institution

@amoorepeyman.ir

This British Standard, having been approved by Technical Committee M/127 Quantities units and symbols, was published under the authority of the Executive Board on 25 March 1974.

© British Standards Institution, 1974

First published June 1930
First revision July 1944
Second revision of Part 1 February 1959
Third revision of Part 1 March 1974

ISBN: 0 580 08471 X

Copyright
Users of British Standards are reminded that copyright subsists in all BSI publications. No part of this publication may be reproduced in any form without the prior permission in writing of BSI. This does not preclude the free use, in the course of implementing the standard, of necessary details such as symbols and size, type or grade designations. Enquiries should be addressed to the BSI Secretariat.

Contract requirements
Attention is drawn to the fact that this British Standard does not purport to include all the necessary provisions of a contract.

Revision of British Standards
In order to keep abreast of progress in the industries concerned, British Standards are subject to periodical review. Suggestions for improvements will be recorded and in due course brought to the notice of the committees charged with the revision of the standards to which they refer.

British Standards are revised, when necessary, by the issue either of amendment slips or of revised editions. **It is important that users of British Standards should ascertain that they are in possession of the latest amendments or editions.** Full information on all BSI publications, numbering over 9000 will be found in the *BSI Catalogue*. This information is supplemented by details published each month in *BSI News* of new publications, revisions and amendments.

BSI News is available to Subscribing Members of the Institution. All other publications may be purchased direct from Sales Department. Enquiries concerning subscribing membership, which has considerable advantages, will be welcomed, and should be made to Subscriptions Department. Both departments are located at:

Linford Wood, Milton Keynes MK14 6LE (Telephone 0908 320033; Telex 825777).

The following BSI reference relates to the work on this standard:
Committee reference M/127

Co-operating organizations

This British Standard was prepared under the supervision of Technical Committee M/127, Quantities units and symbols, consisting of representatives from the following Government departments and professional and industrial organizations:

British Steel Industry
Chemical Society
Department of Trade and Industry
Department of Trade and Industry (National Physical Laboratory)
Electricity Council, the Central Electricity Generating Board, and the Area Boards in England and Wales
Faraday Society
Institute of Heating and Ventilating Engineers
Institute of Physics
Institute of Printing
Institute of Trading Standards Administration
Institution of Chemical Engineers
Institution of Electrical Engineers
Institution of Gas Engineers
Institution of Mechanical Engineers
Institution of Structural Engineers
Metrication Board
Post Office
Royal Aeronautical Society
Royal Society
Society of Chemical Industry

omoorepeyman.ir

BS 350 : Part 1 : March 1974
UDC 511.168.3 : 53.081
CONFIRMED OCTOBER 1983

Conversion factors and tables

Part 1. Basis of tables. Conversion factors

British Standards Institution 2 Park Street . London W1A 2BS
Telephone 01-629 9000
Telex 266933

omoorepeyman.ir

Contents

	Page
Co-operating organizations	Inside front cover
Acknowledgements	2
Foreword	3

Basis of tables. Conversion factors

Subject	Associated table(s)	Page
1. Number	1*a*, 1*b*	4
2. Length	2	5
3. Area	3*a*, 3*b*	7
4. Volume and capacity	4*a*, 4*b*, 4*c*, 4*d*	9
5. Modulus of section, first moment of area	(see 4*a*)	15
6. Second moment of area, or geometrical moment of inertia	6	15
7. Plane angle	7	16
8. Solid angle	–	17
9. Time	–	17
10. Linear velocity (speed)	10	17
11. Angular velocity	11	19
12. Frequency	(see 11)	19
13. Acceleration	13	20
14. Mass	14*a*, 14*b*, 14*c*	20
15. Mass per unit length	15	25
16. Mass per unit area	16	27
17. Specific surface, or area per unit mass	17	30
18. Area per unit capacity	18	32
19. Density	19	32
20. Concentration	20	34
21. Specific volume	21	36
22. Mass rate of flow	22	38
23. Volume rate of flow	23	38
24. Traffic factors	24*a*, 24*b*	40
25. Moment of inertia	25	42
26. Momentum (linear)	–	42
27. Angular momentum	–	42
28. Force	28	43
29. Weight	(see 14*a*, 14*b*, 14*c* and 28)	45
30. Moment of force, or torque	30	46
31. Force per unit length	–	48
32. Pressure	32*a*, 32*b*, 32*c*	48
33. Stress	(see 32*a*, 32*b*, 32*c*)	54
34. Viscosity, dynamic	34	54
35. Viscosity, kinematic	35	56
36. Energy (work, heat, etc.)	36*a*, 36*b*	58
37. Power	37	62
38. Temperature, including temperature difference or interval	38	64
39. Specific energy	39	65
40. Heat content, volume basis	40*a*, 40*b*, 40*c*	67
41. Specific heat capacity	41	70
42. Specific entropy	(see 41)	72
43. Heat capacity, volume basis	43	72
44. Heat flux density	44	73
45. Thermal conductance	45	74
46. Thermal conductivity	46	75
47. Thermal resistivity	47	76
48. Heat release rate	48	77
49. Thermal diffusivity	(see 35)	77

Appendices

			Page
A.	Commentary on imperial and metric systems of measurement and units		78
B.	References	B.1 Detailed conversion tables	81
		B.2 General information	83
		B.3 Some other British Standards containing conversion information	83

Figure

1. Fuel consumption 41

Indexes

1. Alphabetical list of symbols for units and prefixes 84
2. General index 88

Acknowledgements

The Committee responsible for this revision acknowledges with thanks the assistance provided by Mr. A. C. Hutchinson, C. Eng., in the formative stages of the planning and drafting, and later by Mrs. Pamela Anderton of the National Physical Laboratory who gave expert advice and personally checked the tables of factors.

omoorepeyman.ir

Foreword

This standard deals with interconversion from one unit of measurement to another for a number of quantities which are in general use in engineering, industry and trade. The subjects covered are, broadly, metrology, mechanics and heat; the standard does not deal with purely electrical units.

BS 350 was first published in 1930, and was revised in 1944 and again in 1959. It was then that the standard was split into two parts, Part 1 dealing with the basis of tables and conversion *factors*, and Part 2, which first appeared in 1962, giving *detailed conversion tables* for the more frequently used conversions. From those tables in Part 2 conversions could be read off directly or assessed by interpolation, and the onus of multiplication by a six figure factor was removed. In 1967 a Supplement (PD 6203) was issued to Part 2, giving additional detailed tables for SI conversions. BS 350 : Part 2 was withdrawn in 1981 since many of the tables included in it had become inconsistent with the International System of Units (SI) and the increasing use of pocket calculators was considered to have made such tables, which often required interpolation, obsolete. PD 6203 is, however, still valid and has been retained. *As amended July 1983* *As added July 1983*

This, then, is a revision (confirmed on the incorporation of Amendment No. 1 in 1983) of BS 350 : Part 1 : 1959 and provides a comprehensive list of conversion factors and notes on their use. The units in about fifty quantities of measurement are given, together with such definitions, and information on the derivation of conversion factors, as are considered necessary for the purpose. *As amended July 1983*

The experience gained with the earlier editions has been a reliable guide to the choice of quantities to be treated in this revision. Only information now considered obsolete has been discarded, and the quantities dealt with have remained substantially unchanged. There have, however, been considerable additions made to the units, and consequently to the conversion factors, and the standard has been fundamentally re-arranged for the reason which follows.

In this edition, while interconversion factors between all the important units treated are given, the standpoint from which the various units and conversion factors are discussed is the SI. This marks an important departure from the earlier editions which originally argued from the imperial system and later perforce adopted a mixed imperial-metric standpoint. Imperial units are being progressively discarded and their retention as the standpoint in this standard would have acted as a brake to the progress of metrication. Furthermore, the SI, under the custody of the General Conference of Weights and Measures, forms the precise and natural basis for conversion information on units, and offers firm prospects of an international harmonization in unit practice, after which conversion factors will no longer be required. *As amended July 1983*

The standardization function of this standard lies in the provision of conversion factors reliable to a stated accuracy. The other important but extraneous information in it is there to help the general user when he is faced with the need to make conversions. BS 350 does not purport to define quantities or units, or to standardize the letter symbols or abbreviations used for units. These matters are dealt with elsewhere, but their mention is necessary here and has been made up-to-date with the latest international and national decisions. *As amended July 1983* *As deleted July 1983*

Where factors are given in bold print it is to show that they are exact; in general, factors have been rounded to include six significant figures, thus permitting accuracies satisfactory for most practical purposes. The computation of each factor has as far as possible been made from first principles, using eight or more significant figures to minimize the possibilities of errors in rounding. By comparison with previous editions (including BS 350 : Part 2) deviations by one digit in the last significant figure of factors involving the UK gallon may sometimes be noticed. These have arisen because the computation in the previous editions was based on 1 UKgal = 4.546 09 dm^3. Since November 1976 the definition of the gallon in the Weights and Measures Act 1963 has been **4.546 09** dm^3. Before that date the definition in the Weights and Measures Act 1963 was such that the gallon could be calculated to be 4.546 091 879 dm^3 to ten significant figures and, on advice from the National Physical Laboratory, a more accurate factor was used as a basis for the computation in the present edition. The return, in November 1976, by precise definition to what had earlier been used as an approximation for the value of the gallon (i.e. 4.546 09 dm^3) clearly implies changes, in some cases, in the final figure of factors involving the UK gallon and in particular, the reversal of the changes as described that occurred between the present and the previous editions of the standard. Table 23 has however now been corrected in this respect. The six significant figures given for conversion factors involving the 15 °C calorie are not warranted by the accuracy of definition of that particular unit, but have been retained for the sake of consistently in the layout of the tables. *As amended July 1983*

Six-figure factors are unnecessarily precise for many practical purposes, and will be rounded to fewer significant figures as appropriate. The Department of Trade and Industry has asked users of these tables to be reminded that conversions for trade purposes should be based on the statutory definitions of units in the Weights and Measures Act, 1963. Section 24 of that Act makes it an offence to give short weight or measure (or to overcharge for the goods supplied if they are offered at the stated price per unit weight or measure). The conversion factors should therefore always be chosen so that the rounding is in the customers' favour, regard being paid to any statutory requirement (such as Marking of Goods Regulations) there may be in this respect.

omoorepeyman.ir

British Standard

Conversion factors and tables

Part 1. Basis of tables. Conversion factors

1. Number

1.1 The following prefixes, with significance, name, and symbol as shown below, are used to denote decimal multiples or submultiples of (metric) units. These prefixes developed in conjunction with the metric system, and are now authorized as ' SI prefixes '.

Table 1*a*. Prefixes denoting decimal multiples or submultiples

To indicate multiples		
$\times 10^{18}$	exa	E
$\times 10^{15}$	peta	P
$\times 10^{12}$	tera	T
$\times 10^{9}$	giga	G
$\times 10^{6}$	mega	M
$\times 10^{3}$	kilo	k
$\times 10^{2}$	hecto	h
$\times 10$	deca	da
To indicate submultiples		
$\times 10^{-1}$	deci	d
$\times 10^{-2}$	centi	c
$\times 10^{-3}$	milli	m
$\times 10^{-6}$	micro	μ
$\times 10^{-9}$	nano	n
$\times 10^{-12}$	pico	p
$\times 10^{-15}$	femto	f
$\times 10^{-18}$	atto	a

1.2 Regarding the meaning of million, billion, etc. the convention shown in Table 1*b*, accords with the decision of the 9th General Conference of Weights and Measures, Paris 1948, and is in use in European countries including the United Kingdom.

Table 1*b*. Meaning of million, billion, trillion, etc.

Term	Significance	Corresponding decimal factor
million	thousand × thousand	10^{6}
billion	million × million	10^{12}
trillion	million × billion	10^{18}
quadrillion	million × trillion	10^{24}

A different convention is in use in the United States of America, where ' million ' signifies a thousand times a thousand (10^{6}), ' billion ' signifies a thousand times a million (10^{9}), ' trillion ' signifies a million times a million (10^{12}), and ' quadrillion ' signifies a million times a US billion (10^{15}).

In view of the differences between European and USA practice, ambiguities can easily arise with the words ' billion ', ' trillion ' and ' quadrillion ', therefore their use should be avoided.

omoorepeyman.ir

2. Length

2.1 The SI unit of length is the metre (symbol m). It is one of the base units of the SI and is now defined in terms of a specified number of wavelengths of a particular atomic radiation, as given in BS 3763.

NOTE. The titles of BS 3763 and all other British Standards referred to in this text are listed on the inside back cover.

2.2 Multiples and submultiples of the metre are formed by using any of the SI prefixes given at **1.1**; kilometre (km), decimetre (dm), centimetre (cm), millimetre (mm) and micrometre (μm) are common examples. An alternative term for the micrometre, abrogated by the CGPM but still in common use, is ' micron '. The symbol μ, associated in the past with the micron, is incorrect; μm should be used.

2.3 Some units of length having associations with the metric system but not forming part of the SI are:

		Refer to note
1 ångström (Å)	= 10^{-10} m	
1 international nautical mile (n mile)	= **1852** m	
1 astronomical unit (AU)	= 1.496×10^{11} m	1
1 parsec (pc)	= 3.0857×10^{16} m	2
1 light year (l.y.)	= 9.4605×10^{15} m	3

2.4 The definitive UK (or imperial) and US unit of length is the yard, legally defined (since 1959 in the USA and since 1963 in the UK) as follows:

1 yard = **0.9144** m

2.5 The connection between multiples and submultiples of the yard is indicated in the following traditional table of named UK and US units of length, defined (for the UK) in the Weights and Measures Act, 1963.

		Refer to note
	(1 in = **0.0254** m)	
1 foot (ft) = 12 inches (in)	(1 ft = **0.3048** m)	4
1 yard (yd) = 3 feet (ft)	(1 yd = **0.9144** m)	
1 chain = 22 yards (yd)	(1 chain = **20.1168** m)	5
1 furlong = 10 chains	(1 furlong = **201.168** m)	
1 mile = 8 furlongs	(1 mile = **1609.344** m)	6

2.6 Some less usual, or more specialized, UK and US named units of length are:

				Refer to note
1 micro-inch (μin)	= 10^{-6} in	= **0.0254** μm	= **25.4** × 10^{-9} m	7
1 thou	= 10^{-3} in	= **25.4** μm	= **25.4** × 10^{-6} m	8
1 mil	= 10^{-3} in	= **25.4** μm	= **25.4** × 10^{-6} m	9
1 point	= $\frac{1}{72}$ in (approx)		= 0.351 mm (approx)	10
1 iron	= $\frac{1}{48}$ in		= 0.529 167 mm	11
1 line	= $\frac{1}{40}$ in		= **0.635** mm	12
1 line or ligne	= $\frac{1}{12}$ in		= **2.116 67** mm	13
1 em	= $\frac{1}{6}$ in		= 4.233 33 mm	14
1 hand	= 4 in		= **10.16** cm	
1 link	= $\frac{1}{100}$ chain	= 0.66 ft	= **0.201 168** m	
1 US survey foot	= $\frac{1}{0.999\,998}$ ft	= $\frac{12}{39.37}$ m	= 0.304 801 m	
1 fathom	= 6 ft		= **1.8288** m	
1 rod, pole, or perch	= $5\frac{1}{2}$ yd		= **5.0292** m	15
1 engineer's chain	= 100 ft		= **30.48** m	
1 cable-length	—		—	16
1 UK nautical mile	= 6080 ft		= 1853.18 m	17
1 telegraph nautical mile	= 6087 ft		= 1855.32 m	

Notes on section 2

1. Approximately the mean distance between the Sun and the Earth.
2. The distance at which 1 AU subtends an angle of 1 second (1″).
3. Approximate distance travelled by light in 1 year.
4. An exception is the US survey foot, shown in **2.6.**
5. The legally defined chain, commonly called Gunter's chain in the USA.
6. Also known as a statute mile. There is no recognized abbreviation for mile and the complete word ' mile ' is used as the unit symbol.
7. Colloquial, for one-thousandth of an inch.
8. Colloquial, for one-thousandth of an inch. For other meanings of mil see **3.5**, **4.4** and (Note 2) of section 7.
9. Printing trade. (Originally defined by 83 picas = 83 × 12 points = 35 cm).
10. Boot and shoe trade.
11. Button trade.
12. Watch trade.
13. Printing trade.
14. Height of horses.
15. Obsolete.
16. A nautical term not precisely defined in the UK. In its most general concept it is equal to one-tenth of an unspecified nautical mile, but other values have been used, including the value 120 fathoms (720 ft).
17. Obsolescent as the international nautical mile becomes adopted in the UK.

For conversion factors for a number of widely-used units of length see Table 2.

omoorepeyman.ir

Table 2. Length

Exact values are printed in bold type.

	metre m	inch* in	foot ft	yard yd	chain	furlong	mile	fathom	UK nautical mile	International nautical mile n mile
1 metre m =	**1**	39.3701	3.280 84	1.093 61	0.049 709 7	$4.970\,97 \times 10^{-3}$	$6.213\,71 \times 10^{-4}$	0.546 807	$5.396\,12 \times 10^{-4}$	$5.399\,57 \times 10^{-4}$
1 inch in =	**0.0254**	**1**	0.083 333 3	0.027 777 8	$1.262\,63 \times 10^{-3}$	$1.262\,63 \times 10^{-4}$	$1.578\,28 \times 10^{-5}$	$1.388\,89 \times 10^{-2}$	$1.370\,61 \times 10^{-5}$	$1.371\,49 \times 10^{-5}$
1 foot ft =	**0.3048**	**12**	**1**	0.333 333	0.015 151 5	$1.515\,15 \times 10^{-3}$	$1.893\,94 \times 10^{-4}$	0.166 667	$1.644\,74 \times 10^{-4}$	$1.645\,79 \times 10^{-4}$
1 yard yd =	**0.9144**	**36**	**3**	**1**	0.045 454 5	$4.545\,45 \times 10^{-3}$	$5.681\,82 \times 10^{-4}$	**0.5**	$4.934\,21 \times 10^{-4}$	$4.937\,37 \times 10^{-4}$
1 chain =	**20.1168**	**792**	**66**	**22**	**1**	**0.1**	**0.0125**	**11**	$1.085\,53 \times 10^{-2}$	$1.086\,22 \times 10^{-2}$
1 furlong =	**201.168**	**7920**	**660**	**220**	**10**	**1**	**0.125**	**110**	0.108 553	0.108 622
1 mile =	**1609.344**	**63 360**	**5280**	**1760**	**80**	**8**	**1**	**880**	0.868 421	0.868 976
1 fathom =	**1.8288**	**72**	**6**	**2**	$9.090\,91 \times 10^{-2}$	$9.090\,91 \times 10^{-3}$	$1.136\,36 \times 10^{-3}$	**1**	$9.868\,42 \times 10^{-4}$	$9.874\,73 \times 10^{-4}$
1 UK nautical mile =	1853.18	**72 960**	**6080**	2026.67	92.1212	9.212 12	1.151 52	1013.33	**1**	1.000 64
1 international nautical mile n mile =	**1852**	72 913.4	6076.12	2025.37	92.0624	9.206 24	1.150 78	1012.69	0.999 361	**1**

* For a detailed table of conversions from inches to millimetres and vice versa, see BS 2856. The conversions to inches are there given to the nearest 10^{-7} in.

omoorepeyman.ir

3. **Area** (length squared)

3.1 The coherent SI unit of area is the square metre (symbol m^2), a derived unit.

3.2 Areas are also expressed in terms of the squares of any of the multiples and submultiples of the metre formed by the use of the SI prefixes, e.g. square millimetre (mm^2), square centimetre (cm^2), square decimetre (dm^2), square kilometre (km^2).

In accordance with the rule concerning prefixes attached to units raised to a power, the relationship between each of these and the square metre is as follows:

$$1\ mm^2 = \left(\frac{m}{1000}\right)^2 = 10^{-6}\ m^2$$

$$1\ cm^2 = \left(\frac{m}{100}\right)^2 = 10^{-4}\ m^2$$

$$1\ dm^2 = \left(\frac{m}{10}\right)^2 = 10^{-2}\ m^2$$

$$1\ km^2 = \left(1000\ m\right)^2 = 10^{6}\ m^2$$

3.3 A metric unit with a special name is the are (symbol a).

$1\ a = 100\ m^2$

This, and more especially its multiple the hectare (symbol ha), are used for land measurement of area.

$1\ ha = 100\ a = 10\ 000\ m^2$

Another specially named metric unit is the barn, used in atomic physics in the measurement of cross sections.

$1\ barn = 10^{-28}\ m^2$

3.4 The connection between various traditional UK and US units of area, and their relationship to the square metre, are as follows:

			Refer to note
1 square foot (ft^2)	= 144 square inches (in^2)	(1 in^2 = **6.4516** × 10^{-4} m^2)	
1 square yard (yd^2)	= 9 square feet	(1 ft^2 = 0.092 903 0 m^2)	
1 rood	= 1210 square yards	(1 yd^2 = 0.836 127 m^2)	1
1 acre = 4 roods	= 4840 square yards	(1 rood = 1011.71 m^2)	
		(1 acre = 4046.86 m^2)	
1 square mile ($mile^2$)	= 640 acres	(1 $mile^2$ = 2.589 99 × 10^6 m^2)	

3.5 A specialized UK and US unit of area (used in connection with sections of wire) is the ' circular mil '.

	Refer to note
1 circular mil = 7.853 98 × 10^{-7} in^2 = 5.067 07 × 10^{-10} m^2	2

Notes on section 3

1. The rood is obsolescent in the UK and rarely used in the USA.
2. The circular mil has an area equal to that of a circle one-thousandth of an inch in diameter. For other meanings of mil see **2.6**, **4.4** and section **7**, Note 2.

For conversion factors for a number of widely-used units of area see Tables 3*a* and 3*b*.

omoorepeyman.ir

Table 3*a*. Area

Exact values are printed in bold type.

	square metre m^2	hectare ha	square inch in^2	square foot ft^2	square yard yd^2	rood	acre	square mile $mile^2$
1 square metre = m^2	**1**	**1 × 10^{-4}**	1550.00	10.763 9	1.195 99	9.884 22 × 10^{-4}	2.471 05 × 10^{-4}	3.861 02 × 10^{-7}
1 hectare = ha	**10 000**	**1**	1550.00 × 10^{4}	107 639	11 959.9	9.884 22	2.471 05	3.861 02 × 10^{-3}
1 square inch = in^2	**6.4516 × 10^{-4}**	**6.4516 × 10^{-8}**	**1**	6.944 44 × 10^{-3}	7.716 05 × 10^{-4}	6.376 90 × 10^{-7}	1.594 23 × 10^{-7}	2.490 98 × 10^{-10}
1 square foot = ft^2	0.092 903 0	9.290 30 × 10^{-6}	**144**	**1**	0.111 111	9.182 74 × 10^{-5}	2.295 68 × 10^{-5}	3.587 01 × 10^{-8}
1 square yard = yd^2	0.836 127	8.361 27 × 10^{-5}	**1296**	**9**	**1**	8.264 46 × 10^{-4}	2.066 12 × 10^{-4}	3.228 31 × 10^{-7}
1 rood =	1011.71	0.101 171	**1 568 160**	**10 890**	**1210**	**1**	**0.25**	**3.906 25 × 10^{-4}**
1 acre =	4046.86	0.404 686	**6 272 640**	**43 560**	**4840**	**4**	**1**	**1.5625 × 10^{-3}**
1 square mile = $mile^2$	2.589 99 × 10^{6}	258.999	4.014 49 × 10^{9}	2.787 84 × 10^{7}	3.0976 × 10^{6}	2560	640	**1**

omoorepeyman.ir

Table 3*b*. Area of section of wire

Exact values are printed in bold type

	circular mil	square millimetre mm^2	square inch in^2
1 circular mil* =	**1**	$5.067\ 07 \times 10^{-4}$	$7.853\ 98 \times 10^{-7}$
1 square millimetre = mm^2	1973.53	**1**	$1.550\ 00 \times 10^{-3}$
1 square inch = in^2	$1.273\ 24 \times 10^{6}$	**645.16**	**1**

* For definition of circular mil, see 3.5, Note 2.

4. Volume and capacity (length cubed)

4.1 The coherent SI unit of volume is the cubic metre (symbol m^3), a derived unit.

4.2 Volumes are also expressed in terms of the cubes of any of the multiples and submultiples of the metre formed by the use of the SI prefixes; of these the cubic decimetre (dm^3), the cubic centimetre (cm^3), and the cubic millimetre (mm^3) are common examples.

The relationship between each of these and the cubic metre is as follows:

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

$$1\ cm^3 = \left(\frac{m}{100}\right)^3 = 10^{-6}\ m^3$$

$$1\ mm^3 = \left(\frac{m}{1000}\right)^3 = 10^{-9}\ m^3$$

4.3 In the SI no distinction is drawn between units of volume and units of capacity. However, a metric unit with a special name, used in conjunction with the SI and commonly used for the measurement of liquids and fluids, is the litre (symbol l†).

$$1\ \text{litre} = 1\ dm^3 = 10^{-3}\ m^3$$

(This definition has applied in the SI since 1964, but see **4.3.1** below.)

The SI prefixes are used with the litre, leading for example to the hectolitre (hl), centilitre (cl), millilitre (ml) and microlitre (μl).

$$1\ hl = 100\ \text{litre} = 10^{-1}\ m^3$$

$$1\ cl = \left(\frac{l}{100}\right)\text{litre} = 10^{-5}\ m^3$$

$$1\ ml = \left(\frac{l}{1000}\right)\text{litre} = 10^{-6}\ m^3 = 1\ cm^3$$

$$1\ \mu l = \left(\frac{l}{10^6}\right)\text{litre} = 10^{-9}\ m^3 = 1\ mm^3$$

4.3.1 Units of capacity for the measurement of liquids (and sometimes of dry goods also) have been treated as base units at various times in the past, and have been defined independently of length. Thus in the metric system from 1901 to 1964 the litre was defined as the volume occupied by a mass of one kilogram of water

† Although in this standard the symbol used for the litre is the lower case letter 'l', it has long been recognized that in some typefaces it was difficult to distinguish between the lower case letter 'l' and numeral 1. The 16th General Conference of Weights and Measures (1979) accordingly recognized the use of the upper case letter 'L' as an alternative symbol for the litre. In British Standards 'L' is now the preferred symbol but 'l', which is still widely used, is recognized as acceptable. See also BS 5555. *As amended July 1983*

omoorepeyman.ir

under specified conditions (at its temperature of maximum density and under a pressure of one standard atmosphere). Since 1964, however, the litre has been re-defined within the SI as a special name for the volume of one cubic decimetre (which is as it was before 1901). Since 1 November 1976, the 1964 definition has been embodied within the law of the United Kingdom. Because of these changes, where a very high degree of precision is called for, it is necessary to establish which definition of the litre is intended. In the tables which follow in this standard a litre as defined according to the 1901 definition is described as the 'litre (1901)', and the litre as it is now defined according to the SI is described simply as the 'litre'.

Amended July 1984

1 litre (1901) = 1.000 028 litre

4.4 In the French timber trade the volume of one cubic metre goes under the obsolescent name ' stère ' (symbol st). Similarly, in the timber trade in Germany the cubic metre has been described as the ' Festmeter ' (Fm) or ' Raummeter ' (Rm), and these two special names are also obsolescent.

Another obsolescent metric-based volume unit is the ' mil ', used in the UK in pharmaceutical work, particularly for prescriptions, to denote a millilitre (see *British Pharmacopoeia*, 1953). For other meanings of ' mil ' see **2.6**, **3.5**, and section **7**, Note 2.

4.5 The connection between the traditional UK and US units of volume and their relationship to the cubic metre are as follows:

Symbol	Unit		Metric equivalent
yd^3	1 cubic yard	= 27 cubic feet	= 0.764 555 m^3
ft^3	1 cubic foot	= 1728 cubic inches	= 0.028 316 8 m^3
in^3	1 cubic inch		= 1.638 71 $\times 10^{-5}$ m^3

4.6 As with the litre in the metric system, it is customary to regard certain UK and US volumetric units as units of capacity. These include the UK gallon and its multiples and submultiples, and the US gallon and US bushel, with their multiples and submultiples. The UK and US units of capacity differ markedly from each other* and it is therefore important to avoid confusion in their use. The prefixes UK and US are used for purpose of their identification in this standard but the qualifications UK or US are frequently omitted in practice. Care is particularly necessary with conversions of the gallon in order to identify which gallon is concerned.

4.6.1 *UK units of capacity.* These are all based on the UK gallon (UKgal), defined in Schedule 1 of the Weights and Measures Act, 1963, as the space occupied by 10 pounds weight of distilled water under certain conditions specified in the schedule.

Key conversion factors are:

Amended July 1984

1 UKgal = 4.546 09 dm^3
= 4.546 09 litre
= 4.545 96 litre (1901)

The connection between the UK gallon and its various multiples and submultiples is shown in the following list:

Symbol (if any)	Unit		Metric equivalent
UKmin	1 minim†		= 0.059 193 9 cm^3
UK fl dr	1 fluid drachm†	= 60 minim	= 3.551 63 cm^3
UK fl oz	1 fluid ounce	= 8 fluid drachms	= 28.4131 cm^3
—	1 gill	= 5 fluid ounces	= 0.142 065 dm^3
UKpt	1 pint	= 4 gills (= 20 fluid ounces)	= 0.568 261 dm^3
UKqt	1 quart	= 2 pints	= 1.136 52 dm^3
UKgal	1 gallon	= 4 quarts (= 160 fluid ounces)	= 4.546 09 dm^3
—	1 peck‡	= 2 gallons	= 9.092 18 dm^3
—	1 bushel‡	= 4 pecks	= 36.3687 dm^3

4.6.2 *US units of capacity.* The US units of capacity are defined in terms of a specified number of cubic inches. The US gallon is equal in volume to 231 cubic inches and is used for the measurement of liquids only. The US bushel is equal in volume to 2150.42 cubic inches and is used for the measurement of dry commodities only.

* For a direct comparison of UK and US units of capacity see Table 4*d*.

Amended July 1984

† The minim, fluid drachm, peck and bushel are now deleted from Schedule 1 to the UK Weights and Measures Act, 1963, and it is now illegal to use these units for trade purposes.

omoorepeyman.ir

The connection between the US gallon and its various multiples and submultiples is shown in the following list:

4.6.3 *US units of capacity* (liquid measure only)

Symbol (if any)	Unit			Metric equivalent
—	1 US minim			= 0.061 611 5 cm³
fl dr	1 US fluid dram*	= 60 minims		= 3.696 69 cm³
US fl oz	1 US fluid ounce†	= 8 fluid drams		= 29.573 5 cm³
gi	1 US gill	= 4 fluid ounces		= 0.118 294 dm³
liq pt	1 US liquid pint	= 4 gills	(= 16 fluid ounces)	= 0.473 176 dm³
liq qt	1 US liquid quart	= 2 liquid pints		= 0.946 353 dm³
USgal	1 US gallon	= 4 liquid quarts	(= 128 fluid ounces)	= 3.785 41 dm³
bbl	1 US barrel (for petroleum)	= 42 gallons		= 158.987 dm³

4.6.4 *US units of capacity (dry measure only).* The connection between the US bushel and its various multiples and submultiples is shown in the following list:

Symbol (if any)	Unit		Metric equivalent
—	1 US dry pint		= 0.550 610 dm³
dry qt	1 US dry quart	= 2 dry pints	= 1.101 22 dm³
pk	1 US peck	= 8 dry quarts	= 8.809 76 dm³
bu	1 US bushel	= 4 pecks	= 35.2391 dm³
bbl (dry)	1 US dry barrel	= 7056 cubic inches	= 115.627 dm³

Notes on 4.6

1. In the UK different values are used for the barrel for different purposes (e.g. the wine barrel is nominally 31½ UKgal and the beer barrel nominally 36 UKgal).
2. The barrel (bbl) referred to in the list of US capacity units for dry measure only is the standard barrel in the US for fruits, vegetables and dried commodities, with the exception of cranberries. Cranberries are sold in the US by reference to a standard cranberry barrel containing 5826 cubic inches.
3. There are other bushels having different capacities from those mentioned in 4.6.
4. Other specialized units of capacity used in the UK timber trade are
   1 board foot = 144 in³ (= 2.359 74 dm³)
   1 cord = 128 ft³ (= 3.624 56 m³)
   1 standard = 165 ft³ (= 4.672 28 m³)
   This last is sometimes known as the ' Petrograd standard '.
5. The cran, used in the UK fishing industry, is equal to 37½ UK gallons.

For conversion factors for a number of widely-used units of volume or capacity see Tables 4*a*, 4*b*, 4*c* and 4*d*.

* Sometimes also known as the liquid dram (liq dr) in the USA.
† Sometimes also known as the liquid ounce (liq oz) in the USA.

omoorepeyman.ir

Table 4*a*. Volume and capacity

Exact values are printed in bold type.

	cubic metre m^3	cubic decimetre dm^3 litre* l	litre (1901)*	cubic inch in^3	cubic foot ft^3	cubic yard yd^3	UK bushel	US dry pint	US bushel
1 cubic metre m^3 =	1	**1000**	999.972	61 023.7	35.3147	1.307 95	27.496 1	1816.17	28.3776
1 cubic decimetre dm^3 1 litre l* =	**0.001**	1	0.999 972	61.023 7	0.035 314 7	$1.307\ 95 \times 10^{-3}$	0.027 496 1	1.816 17	0.028 377 6
1 litre (1901)* =	$1.000\ 028 \times 10^{-3}$	1.000 028	**1**	61.025 5	0.035 315 7	$1.307\ 99 \times 10^{-3}$	0.027 496 9	1.816 22	0.028 378 4
1 cubic inch in^3 =	$1.638\ 71 \times 10^{-5}$	$1.638\ 71 \times 10^{-2}$	0.016 386 6	**1**	$5.787\ 04 \times 10^{-4}$	$2.143\ 35 \times 10^{-5}$	$4.505\ 81 \times 10^{-4}$	0.029 761 6	$4.650\ 25 \times 10^{-4}$
1 cubic foot ft^3 =	0.028 316 8	28.3168	28.3161	**1728**	**1**	0.037 037 0	0.778 604	51.4281	0.803 564
1 cubic yard yd^3 =	0.764 555	764.555	764.533	**46 656**	**27**	**1**	21.0223	1388.56	21.6962
1 UK bushel =	0.036 368 7	36.3687	36.3677	2219.36	1.284 35	0.047 568 5	**1**	66.0517	1.032 06
1 US dry pint =	$5.506\ 10 \times 10^{-4}$	0.550 610	0.550 595	33.600 3	0.019 444 6	$7.201\ 71 \times 10^{-4}$	0.015 139 7	**1**	**0.015 625**
1 US bushel =	0.035 239 1	35.2391	35.2381	**2150.42**	1.244 46	0.046 091 0	0.968 939	**64**	**1**

* For explanation of the litre, and the litre (1901), see **4.3.**

omoorepeyman.ir

42. Specific entropy [heat/(mass × thermodynamic temperature)]

Table 41 may also be used for the conversion of values of specific entropy, expressed in joules per kilogram, kelvin, J/(kg K), in kilocalories per kilogram kelvin, kcal/(kg K), or in British thermal units per pound degree Rankine, Btu/(lb °R).

43. Heat capacity, volume basis * [heat/(volume × temperature interval)]

43.1 The SI unit of heat capacity, volume basis, is the joule per cubic metre kelvin (J/(m³ K)).

43.2 The degree Celsius is often used in the expression of the above unit:

1 J/(m³ °C) = 1 J/(m³ K)

and a similar remark applies wherever kelvin or K is mentioned in section **43**.

43.3 Other metric units are:

kilocalorie per cubic metre kelvin (kcal/(m³ K)) (see **36.6** for the various calories).

1 $kcal_{IT}$/(m³ K) = **4186.8** J/(m³ K)

1 $kcal_{th}$/(m³ K) = **4184** J/(m³ K)

1 $kcal_{15}$/(m³ K) = 4185.5 J/(m³ K)

43.4 The corresponding imperial unit is:

British thermal unit per cubic foot degree Fahrenheit (Btu/(ft³ °F))

1 Btu/(ft³ °F) = 67 066.1 J/(m³ K)

For interconversion factors for the above units see Table 43. In Table 43 and in the above conversion factors it is assumed that, for gases, the volumes involved in the conversions are measured under the same conditions of temperature, pressure and humidity.

* This is sometimes known as ' specific heat, volume basis ' but see footnote to section **41**.

Table 43. Heat capacity, volume basis

Exact values are printed in bold type.

	joule per cubic metre kelvin† J/(m³ K)	kilocalorie‡ per cubic metre kelvin $kcal_{IT}$/(m³ K)	thermochemical kilocalorie per cubic metre kelvin $kcal_{th}$/(m³ K)	15 °C kilocalorie per cubic metre kelvin $kcal_{15}$/(m³ K)	British thermal unit per cubic foot degree Fahrenheit Btu/(ft³ °F)
1 joule per cubic metre kelvin† = J/(m³ K)	**1**	0.238 846 × 10⁻³	0.239 006 × 10⁻³	0.238 920 × 10⁻³	14.910 7 × 10⁻⁶
1 kilocalorie‡ per cubic metre kelvin = $kcal_{IT}$/(m³ K)	**4186.8**	**1**	1.000 67	1.000 31	0.062 428 0
1 thermochemical kilocalorie per cubic metre kelvin = $kcal_{th}$/(m³ K)	**4184**	0.999 331	**1**	0.999 642	0.062 386 2
1 15 °C kilocalorie per cubic metre kelvin = $kcal_{15}$/(m³ K)	4185.5	0.999 690	1.000 36	**1**	0.062 408 6
1 British thermal unit per cubic foot degree Fahrenheit = Btu/(ft³ °F)	67 066.1	16.0185	16.0292	16.0234	1

† Wherever the kelvin occurs in this table it may be replaced by the degree Celsius (°C), e.g. J/(m³ K) is often shown as J/(m³ °C).
‡ This is the International Table kilocalorie. For a description of the three calories mentioned see **36.6**.

NOTE. In this table it is assumed that, for gases, the volumes involved in the conversions are measured under the same conditions of temperature, pressure and humidity.

omoorepeyman.ir

44. Heat flux density (heat/(area × time))

44.1 The SI unit for this quantity, which is sometimes known as intensity of heat flow rate and commonly appears, for example, in calculations of heat losses from surfaces, is the watt per square metre (W/m^2).

44.2 Other metric units are:

calorie per square centimetre second ($cal/(cm^2\ s)$) (see **36.6** for the various calories)
kilocalorie per square metre hour ($kcal/(m^2\ h)$)
1 $cal_{IT}/(cm^2\ s)$ = **41 868** W/m^2
1 $kcal_{IT}/(m^2\ h)$ = **1.163** W/m^2

44.3 Corresponding units in the imperial system are:

British thermal unit per square foot hour ($Btu/(ft^2\ h)$)
watt per square inch (W/in^2)
1 $Btu/(ft^2\ h)$ = 3.154 59 W/m^2
1 W/in^2 = 1550.00 W/m^2

For conversion factors for the above see Table 44.

Table 44. Heat flux density, intensity of heat flow rate (e.g. heat loss from surfaces)

Exact figures are printed in bold type.

	W/m^2	W/in^2	$cal_{IT}/(cm^2\ s)$	$kcal_{IT}/(m^2\ h)$	$Btu/(ft^2\ h)$
1 watt per square metre W/m^2 =	1	6.4516×10^{-4}	$0.238\ 846 \times 10^{-4}$	0.859 845	0.316 998
1 watt per square inch W/in^2 =	1550.00	1	$3.702\ 12 \times 10^{-2}$	1332.76	491.348
1 calorie* per square centimetre second $cal_{IT}/(cm^2\ s)$ =	**41 868**	27.0116	1	**36 000**	13 272.1
1 kilocalorie* per square metre hour $kcal_{IT}/(m^2\ h)$ =	**1.163**	$7.503\ 21 \times 10^{-4}$	$2.777\ 78 \times 10^{-5}$	1	0.368 669
1 British thermal unit per square foot hour $Btu/(ft^2\ h)$ =	3.154 59	$2.035\ 22 \times 10^{-3}$	$7.534\ 61 \times 10^{-5}$	2.712 46	1

*This refers to the International Table calorie. For other calories see **36.6**.

omoorepeyman.ir

45. Thermal conductance (heat transfer coefficient)

[heat/(area × time × temperature difference)] or [power/(area × temperature difference)]*

45.1 The SI unit is the watt per square metre kelvin [W/(m² K)]

45.2 The degree Celsius (°C) is often used in the expression of the above unit:

1 W/(m² °C) = 1 W/(m² K)

and a similar remark applies wherever kelvin or K is mentioned in section 45.

45.3 Other metric units are:

calorie per square centimetre second kelvin [cal/(cm² s K)]
kilocalorie per square metre hour kelvin [kcal/(m² h K)]

(The conversion factors given below refer to the International Table calorie, see **38.6** for other calories.)

1 cal/(cm² s K) = **41 868** W/(m² K)
1 kcal/(m² h K) = **1.163** W/(m² K)

45.4 The imperial unit in common use is:

British thermal unit per square foot hour degree Fahrenheit [Btu/(ft² h °F)]

1 Btu/(ft² h °F) = 5.678 26 W/(m² K)

For interconversion factors for the above units see Table 45.

Table 45. Thermal conductance

Exact values are printed in bold type.

	W/(m² K)†	cal‡/(cm² s K)	kcal‡/(m² h K)	Btu/(ft² h °F)
1 watt per square metre kelvin† = W/(m² K)	**1**	$0.238\,846 \times 10^{-4}$	0.859 845	0.176 110
1 calorie‡ per square centimetre second kelvin = cal/(cm² s K)	**41 868**	**1**	**36 000**	7373.38
1 kilocalorie‡ per square metre hour kelvin = kcal/(m² h K)	**1.163**	$2.777\,78 \times 10^{-5}$	**1**	0.204 816
1 British thermal unit per square foot hour degree Fahrenheit = Btu/(ft² h °F)	5.678 26	$1.356\,23 \times 10^{-4}$	4.882 43	**1**

* Also corresponds to (heat flux density/temperature difference).

† Wherever the kelvin occurs in this table it may be replaced by the degree Celsius: e.g. W/(m² K) is often shown as W/(m² °C)

‡ This refers to the International Table calorie. For other calories see **38.6**.

omoorepeyman.ir

46. Thermal conductivity
[heat × length/(area × time × temperature difference)]

46.1 The SI unit is the watt per metre kelvin [W/(m K)]

46.2 The degree Celsius (°C) is often used in the expression of the above unit:
1 W/(m °C) = 1 W/(m K)
and a similar remark applies wherever kelvin or K is mentioned in section **46.**

46.3 Other metric units are:
calorie per centimetre second kelvin [cal/(cm s K)]
kilocalorie per metre hour kelvin [kcal/(m h K)]
(The conversion factors given below refer to the International Table calorie. See **36.6** for other calories).
1 cal/(cm s K) = **418.68** W/(m K)
1 kcal/(m h K) = **1.163** W/(m K)

46.4 Two imperial units in common use are:
British thermal unit per foot hour degree Fahrenheit [Btu/(ft h °F)]
British thermal unit inch per square foot hour degree Fahrenheit [Btu in/(ft² h °F)]
1 Btu/(ft h °F) = 1.730 73 W/(m K)
1 Btu in/(ft² h °F) = 0.144 228 W/(m K)

For interconversion factors for the above units see Table 46.

Table 46. Thermal conductivity

Exact figures are printed in bold type.

	W/(m K)*	cal/(cm s K)†	kcal/(m h K)	Btu/(ft h °F)	Btu in/(ft² h °F)
1 watt per metre kelvin* = W/(m K)	**1**	$0.238\ 846 \times 10^{-2}$	0.859 845	0.577 789	6.933 47
1 calorie† per centimetre second kelvin = cal/(cm s K)	**418.68**	**1**	**360**	241.909	2902.91
1 kilocalorie* per metre hour kelvin = kcal/(m h K)	**1.163**	$2.777\ 78 \times 10^{-3}$	**1**	0.671 969	8.063 63
1 British thermal unit per foot hour degree Fahrenheit = Btu/(ft h °F)	1.730 73	$4.133\ 79 \times 10^{-3}$	1.488 16	**1**	**12**
1 British thermal unit inch per square foot hour degree Fahrenheit = Btu in/(ft² h °F)	0.144 228	$3.444\ 82 \times 10^{-4}$	0.124 014	0.083 333 3	**1**

* Wherever the kelvin occurs in this table it may be replaced by the degree Celsius (°C) e.g. W/(m K) is often shown as W/(m °C).
† This refers to the International Table calorie. For other calories see **36.6.**

omoorepeyman.ir

47. Thermal resistivity [area × time × temperature difference/(heat × length)]

The SI unit of thermal resistivity (the inverse of thermal conductivity) is the metre kelvin per watt (m K/W).

Interconversion factors between the above and some other units are given in Table 47. Similar remarks concerning the use of the degree Celsius and the other calories apply as in section **46** and Table 46.

Table 47. Thermal resistivity

Exact figures are printed in bold type.

	m K/W	cm s K/cal*	m h K/kcal*	ft h °F/Btu	ft² h °F/(Btu in)
1 m K/W =	**1**	**418.68**	**1.163**	1.730 73	0.144 228
1 cm s K/cal* =	$0.238\ 846 \times 10^{-2}$	**1**	$2.777\ 78 \times 10^{-3}$	$4.133\ 79 \times 10^{-3}$	$3.444\ 82 \times 10^{-4}$
1 m h K/kcal* =	0.859 845	**360**	**1**	1.488 16	0.124 014
1 ft h °F/Btu =	0.577 789	241.909	0.671 969	**1**	0.083 333 3
1 ft² h °F/(Btu in) =	6.933 47	2902.91	8.063 63	**12**	**1**

* This refers to the International Table calorie. For other calories see **36.6**.

NOTE. For thermal conductivity, see Table 46, the notes to which also apply here.

omoorepeyman.ir

48. Heat release rate (e.g. as used in connection with furnaces) [heat/(volume × time)], or (power/volume)

48.1 The SI unit for this quantity is the watt per cubic metre (W/m^3).

48.2 Other metric units are:

calorie per cubic centimetre second [$cal/(cm^3\ s)$]
kilocalorie per cubic metre hour [$kcal/(m^3\ h)$]

The conversion factors given below refer to the International Table calorie. (See **36.6** for other calories).

1 $cal/(cm^3\ s)$ = **4.1868** × 10^6 W/m^3
1 $kcal/(m^3\ h)$ = **1.163** W/m^3

48.3 A similar imperial unit is:

British thermal unit per cubic foot hour [$Btu/(ft^3\ h)$]
1 $Btu/(ft^3\ h)$ = 10.3497 W/m^3

For interconversion factors for the above units see Table 48.

Table 48. Heat release rate

Exact values are printed in bold type.

	watt per cubic metre W/m^3	calorie*/cubic centimetre second $cal/(cm^3\ s)$	kilocalorie*/cubic metre hour $kcal/(m^3\ h)$	British thermal unit/cubic foot hour $Btu/(ft^3\ h)$
1 watt per cubic metre W/m^3 =	**1**	0.238 846 × 10^{-6}	0.859 845	9.662 11 × 10^{-2}
1 calorie* per cubic centimetre second $cal/(cm^3\ s)$ =	**4.1868** × 10^6	**1**	**3.6** × 10^6	4.045 33 × 10^5
1 kilocalorie* per cubic metre hour $kcal/(m^3\ h)$ =	**1.163**	2.777 78 × 10^{-7}	**1**	0.112 370
1 British thermal unit per cubic foot hour $Btu/(ft^3\ h)$ =	10.3497	2.471 99 × 10^{-6}	8.899 15	**1**

* This refers to the International Table calorie. For other calories see **36.6**.
1 W/cm^3 = 10^6 W/m^3 = 1 MW/m^3.

49. Thermal diffusivity (area/time)

The SI unit of thermal diffusivity (which is thermal conductivity divided by heat capacity per unit volume) is the metre squared per second (m^2/s).

Since kinematic viscosity has the same dimensions as thermal diffusivity, for units and conversion factors reference can be made to Section 35 and Table 35.

omoorepeyman.ir

Appendix A

Commentary on imperial and metric systems of measurement and units

A.1 Development of units. In the past, units have evolved in a haphazard manner to meet the basic measurement requirements of early and often unconnected societies. With improvement in communications and extension of trade it became necessary to standardize the units in use and also to establish the relationship between existing units used to measure the same physical quantities. Often, as this latter process developed, the numerical factors relating one such unit to another were cumbersome and difficult to use in calculations (for example, the mile is 1760 yards and the UK ton is 2240 pounds). Moreover, while one physical quantity might be a simple derivative of another, there was often no correspondingly simple relationship between their respective units, (for example, area and volume are simple derivatives of length, but 1 acre is 4840 square yards and 1 UK gallon is 0.160 544 cubic feet).

As science and technology developed, many new and complex units were required. Inevitably these were derived from the available units in common usage and the result was a muddled conglomeration of technical units involving many awkward factors which were difficult to remember and inconvenient to use. The learning of these factors has long been a necessary part of scientific and engineering education.

A.2 Unit systems and coherence. The various physical quantities used in science and technology are related to one another by certain mathematical or physical laws. For example, area equals length multiplied by length, velocity equals length divided by time, force equals mass multiplied by acceleration, momentum equals mass multiplied by velocity.

In a coherent system of units, the units used to measure the various physical quantities are consistent with these physical laws. A minimum number of independent physical quantities are arbitrarily selected and base units are defined for these. Units for all other physical quantities can then be derived in accordance with the physical laws, preserving a unity relationship in terms of the base units. Thus, if unit area results when unit length is multiplied by unit length, the units are coherent with the particular physical law expressing the relationship between length and area, and no factors are involved in calculations concerned with this relationship.

With further development of science and technology, certain ' systems ' of units came into use, (for example the foot-pound-second system and the centimetre-gram-second system). While the base units concerned were clearly defined, the total extent of each of these systems and also units for some physical quantities were in certain respects vague. The units comprising these systems were coherent with respect to some of the physical laws, but not to others.

A.3 Imperial systems (in technology). In British technology the most widely used system has been one in which the base units for length, mass and time are the foot, pound and second respectively. But, in this widely-used system there is a non-coherent relationship between the units used for mass, force and acceleration i.e. there is not ' dynamic coherence '. The unit of force used is the pound-force (sometimes described as a ' technical unit of force '), and, because this force acting on a mass of one pound produces an acceleration of ' g ' (= 32.2 feet/second^2 approximately), the factor 32.2 is introduced in an awkward manner into many engineering calculations.

There are two other systems based on imperial units used in some sections of industry which are dynamically coherent. The first is a variant of the foot-pound-second system which has the poundal as its force unit. The poundal acting on a mass of one pound produces an acceleration of unity (1 foot/second^2). The other is the foot-slug-second system in which the mass unit is the slug (=32.2 lb approximately) and the force unit the pound-force. Again, the acceleration produced by the pound-force on the slug is unity.

In the above, only dynamic coherence has been mentioned. While this is of vital importance in mechanics, there are many other important physical quantities and laws; further base units had to be introduced and the corresponding units that came about in conjunction with these imperial systems were frequently non-coherent. Furthermore, in dealing with the foot-pound-second, and foot-slug-second systems, there are the practical complications in calculations caused by the awkward relationships between the foot, inch and yard, and the pound and ton. In the measurement sense these units all form part of the imperial system.

A.4 Comparison of United Kingdom (UK or imperial) and United States systems of measurement. The yard has the same value in both the UK and US systems and is defined in terms of the SI base unit of length, the metre. Similarly, the pound has the same value in the UK and US systems and is defined in terms of the SI base unit of mass, the kilogram.

omoorepeyman.ir

The UK Weights and Measures Act, 1963, makes these definitions valid for all purposes in the UK. In the USA the same definitions are valid for all purposes except for coast and geodetic surveys within the USA, for which the foot previously adopted there will continue temporarily to be used under the name ' US survey foot '.

Most of the subsidiary units of length are identical in both the UK and US systems.

There are marked differences between some subsidiary units of mass used in the UK and US systems, notably in the ' long ' and ' short ' tons and hundredweights. These differences arise from different whole number relationships between units.

There are also marked differences between the subsidiary units of capacity used in the UK and US systems. These differences arise both from some different whole number relationships between units and also from different definitions of capacity in the two systems.

In order to avoid confusion where those differences occur, the units to be distinguished are denoted by the use of prefixes, for example:

UK gallon, symbolized by UKgal

US gallon, symbolized by USgal

This notation is similar to one adopted by the International Organization for Standardization (ISO). In certain contexts the qualification ' imperial ' or ' imp ' is also used to make it clear that the unit qualified by UK does in fact belong to the imperial system of units.

A.5 The metric system of measurement. In Britain, units of length, weight (mass) and so on have been standardized for a long time, but prior to the adoption of the metric system this was not the case in France and in other continental countries. When the metric system was introduced it met two main requirements. The first was the standardization and definition of the important units of measurement, the metre for length and the gram for mass, from which other units then required for general use and for trade were derived. The second was the provision of a convenient and systematic relationship between different-sized units for the same quantity. These were related by powers of ten and a system of prefixes developed to indicate these powers. This gave a flexible means of expression for a wide range of magnitudes, avoiding the need for very large or very small numerical values, and enabled the different-sized units to be memorized and converted with ease.

A.6 Metric systems (in science and technology). In technology, as at present and taking all countries into account, probably the most widely used metric system is one in which the base units for length, mass and time are the metre, kilogram and second respectively, but in which there is a non-coherent relationship between the units for mass, force and acceleration. The unit of force used is the kilogram-force (sometimes described as a ' metric technical unit of force '), and because this force acting on a mass of 1 kilogram produces an acceleration of ' g ' (9.81 m/s^2 approximately) the factor 9.81 is introduced in an awkward manner into many engineering calculations. The system is being steadily superseded by the International System (SI), mentioned below.

There are other metric systems still in use in some sectors of industry and science which are dynamically coherent, and from the first two of which the development of the SI can directly be traced. Some are:

Description and abbreviation	mass unit	force unit
centimetre-gram-second (CGS)	gram	dyne
metre-kilogram-second (MKS)	kilogram	newton
metre-tonne-second (MTS)	tonne	sthène

Scientists were quick to recognize the convenience of the metric approach in the CGS and this system was developed by them to meet their immediate needs, according to their knowledge at the time, and among other things it served in the development of electrostatics and electromagnetism. Although it gained considerable usage in industrial technology, many of the associated units were inconveniently sized for this purpose. It was also clear that more than the three base units provided in the CGS were required in the framework of the metric system to deal adequately with the physical quantities required in science and technology, and that some of the subsidiary units that had come into use in conjunction with the CGS were not coherent.

These factors led in due course to the evolution of the MKS system, thence to the MKSA, incorporating the independent quantity electric current and the base unit ampere. This system embodied the joule as the derived and coherent unit of energy in all its forms, and the watt as the unit of power.

A.7 The International System of units (SI). This, sometimes described as the ' modern metric system ', is the most recent extension of the metric system, expanding on the MKS to include a total of seven base units

omoorepeyman.ir

and two supplementary units which, in conjunction with derived units, will meet all known needs for a coherent system of units both in science and technology.

The base and supplementary quantities, and their units (defined in BS 3763) are:

Quantity	Name of unit		Symbol
Length	metre	(Base)	m
Mass	kilogram	,,	kg
Time	second	,,	s
Electric current	ampere	,,	A
Thermodynamic temperature	kelvin	,,	K
Amount of substance	mole	,,	mol
Luminous intensity	candela	,,	cd
Plane angle	radian	(Supplementary)	rad
Solid angle	steradian	,,	sr

There are, for practical applications or for everyday life, certain other units, some metric and some non-metric, which at present are authorized for use in conjunction with the International System. Such units are listed in categories in BS 3763 : 1970 and their use introduces an element of non-coherence.

The metric prefixes, which now form part of the International System, are shown in detail in **1.1**. As is evident from the foregoing description of a coherent system, the use of multiples in the form of a prefix also introduces non-coherence, but in the SI the prefixed units still retain a simple decimal relationship one with the other. This is an important feature, which is not sacrificed by the fact that the base unit for mass is the *kilo*gram.

omoorepeyman.ir

Appendix B
References

B.1 Detailed conversion tables. Detailed conversion tables for the units marked with an asterisk can be found in PD 6203. *Amended July 1983*

Length

inches to millimetres
millimetres to inches
fractions of an inch, in sixty-fourths, to decimals of an inch and to millimetres (Range: 0 to 1 inch)
inches and fractions of an inch to millimetres (Range: 0 to 12 inches)
inches to centimetres (Range: 0 to 109 inches at intervals of one inch)
feet to metres
metres to feet
feet and inches to metres
yards to metres
metres to yards
miles to kilometres
kilometres to miles

Area

square inches to square centimetres
square centimetres to square inches
square feet to square metres
square metres to square feet
square yards to square metres
square metres to square yards
acres to hectares
hectares to acres
square miles to square kilometres
square kilometres to square miles

Volume

Cubic inches to cubic centimetres
Cubic centimetres to cubic inches
Cubic feet to cubic metres
Cubic metres to cubic feet
Cubic yards to cubic metres
Cubic metres to cubic yards
Cubic feet to UK gallons
UK gallons to cubic feet
Cubic feet to litres (1901)
Litres (1901) to cubic feet
UK gallons to litres (1901)
Litres (1901) to UK gallons
UK fluid ounces to millilitres (1901)
Millilitres (1901) to UK fluid ounces
*UK gallons to litres
*Litres to UK gallons
*UK fluid ounces to millilitres
*Millilitres to UK fluid ounces

Second moment of area

inches^4 to centimetres^4
centimetres^4 to inches^4

Angle

degrees, minutes and seconds to radians
radians to degrees, minutes and seconds

Velocity

feet per second to miles per hour
miles per hour to feet per second
feet per second to kilometres per hour
kilometres per hour to feet per second
miles per hour to metres per second
metres per second to miles per hour
miles per hour to UK knots
UK knots to miles per hour

Mass

grains to grams
grams to grains
ounces (avoir) to grams
grams to ounces (avoir)
pounds to kilograms
kilograms to pounds
UK tons to tonnes
tonnes to UK tons
pounds to UK tons
UK tons to pounds

Mass per unit length

pounds per foot to kilograms per metre
kilograms per metre to pounds per foot
*pounds per inch to kilograms per metre
*kilograms per metre to pounds per inch

Mass per unit area

*ounces (avoir) per square yard to kilograms per square metre
*kilograms per square metre to ounces (avoir) per square yard

Density

pounds per cubic foot to kilograms per cubic metre
kilograms per cubic metre to pounds per cubic foot
pounds per UK gallon to grams per millilitre (1901)
grams per millilitre (1901) to pounds per UK gallon

omoorepeyman.ir

References

Force

pounds-force to megadynes
megadynes to pounds-force
*kilograms-force to newtons
*newtons to kilograms-force
*pounds-force to newtons
*newtons to pounds-force
*UK tons-force to kilonewtons
*kilonewtons to UK tons-force

Pressure, stress

pounds-force per square inch to kilograms-force per square centimetre
kilograms-force per square centimetre to pounds-force per square inch
pounds-force per square foot to kilograms-force per square metre
kilograms-force per square metre to pounds-force per square foot
UK tons-force per square inch to kilograms-force per square millimetre
kilograms-force per square millimetre to UK tons-force per square inch
UK tons-force per square foot to tonnes-force per square metre
tonnes-force per square metre to UK tons-force per square foot
pounds-force per square inch to millimetres of mercury
millimetres of mercury to pounds-force per square inch
millimetres of mercury to millibars
millibars to millimetres of mercury
feet of water to pounds-force per square inch
pounds-force per square inch to feet of water
*UK tons-force per square inch to meganewtons per square metre
*meganewtons per square metre to UK tons-force per square inch
*pounds-force per square inch to kilonewtons per square metre
*kilonewtons per square metre to pounds-force per square inch
*pounds-force per square foot to newtons per square metre
*newtons per square metre to pounds-force per square foot
*inches of mercury to kilonewtons per square metre
*kilonewtons per square metre to inches of mercury
*feet of water to kilonewtons per square metre
*kilonewtons per square metre to feet of water
*inches of water to kilonewtons per square metre
*kilonewtons per square metre to inches of water

Work, energy

foot pounds-force to joules
joules to foot pounds-force
foot pounds-force to kilogram-force metres
kilogram-force metres to foot pounds-force
*kilowatt hours to megajoules
*megajoules to kilowatt hours

Power

horsepower to kilowatts
kilowatts to horsepower

Temperature

Conversion of temperatures from degrees Fahrenheit to degrees Celsius, and vice versa

Quantity of heat

British thermal units to kilojoules
kilojoules to British thermal units
calories to joules
joules to calories
British thermal units to kilocalories
kilocalories to British thermal units

Calorific value (mass basis)

Btu/lb to kcal/kg
kcal/kg to Btu/lb
*Btu/lb to kJ/kg
*kJ/kg to Btu/lb

Calorific value (volume basis)

Btu/ft^3 to kcal/m^3
kcal/m^3 to Btu/ft^3
*Btu/ft^3 to kJ/m^3
*kJ/m^3 to Btu/ft^3
now called heat capacity (volume basis) in this standard. See also the note on page 83 which applies to many of the following units.

Specific heat (volume basis)

Btu/ft^3 degF to kcal/m^3 degC
kcal/m^3 degC to Btu/ft^3 degF
*Btu/ft^3 deg F to kJ/m^3 degC
*kJ/m^3 deg C to Btu/ft^3 degF

Intensity of heat flow rate

Btu/ft^2 h to W/m^2
W/m^2 to Btu/ft^2 h
kcal/m^2 h to W/m^2
W/m^2 to kcal/m^2 h
Btu/ft^2 h to kcal/m^2 h
kcal/m^2 h to Btu/ft^2 h

omoorepeyman.ir

Thermal conductance

Btu/ft² h degF to kcal/m² h degC
kcal/m² h degC to Btu/ft² h degF
*Btu/ft² h degF to W/m² degC
*W/m² degC to Btu/ft² h degF

Thermal conductivity

Btu/ft h degF to W/m degC
W/m degC to Btu/ft h degF
kcal/m h degC to W/m degC
W/m degC to kcal/m h degC
Btu/ft h degF to kcal/m h degC
kcal/m h degC to Btu/ft h degF
Btu/in/ft² h degF to kcal/m h degC
kcal/m h degC to Btu in/ft² h degF

NOTE. In this standard degC has been replaced by K and degF by °F. (See section 38 and, in particular, 38.5).

B2. General information

Useful general information is contained in the following publications.

Amendment July 1983

BS 1957 Presentation of numerical values (fineness of expression: rounding of numbers)
BS 3763 The International System of units (SI)
BS 5555 Specification for SI units and recommendations for the use of their multiples and of certain other units
BS 5775 Specification for quantities, units and symbols
- Part 0. General principles
- Part 1. Space and time
- Part 2. Periodic and related phenomena
- Part 3. Mechanics
- Part 4. Heat
- Part 5. Electricity and magnetism
- Part 6. Light and related electromagnetic radiations
- Part 7. Acoustics
- Part 8. Physical chemistry and molecular physics
- Part 9. Atomic and nuclear physics
- Part 10. Nuclear reactions and ionizing radiations
- Part 11. Mathematical signs and symbols for use in the physical sciences and technology
- Part 12. Dimensionless parameters
- Part 13. Solid state physics

PD 5686 The use of SI units
SI — The International System of Units. HMSO (4th edition 1982)
Changing to the metric system. Conversion factors, symbols and definitions. HMSO (5th edition 1979)

B3. Some other British Standards containing conversion information

British Standard	Title
BS 718	Density hydrometers and specific gravity hydrometers
BS 860	Tables for comparison of hardness scales
BS 874	Methods of determining thermal properties, with definitions of thermal insulating terms
BS 947	Universal system for designating linear density of textiles (Tex system)
BS 1797	Tables for use in the calibration of volumetric glassware
BS 2520	Barometer conventions and tables
BS 2856	Precise conversion of inch and metric sizes on engineering drawings

omoorepeyman.ir

Alphabetical list of symbols for units and prefixes

Symbols and abbreviations for units, and symbols for prefixes, to which any reference has been made in this standard, are listed below together with their textual references. Most but not all of these are internationally recognized.

Greek letters and some special signs are shown at the end.

This list is not extended to include combinations of units, or combinations of prefixes and units, except for a few examples. Many further examples of such combinations are to be found throughout the text and in the general index, pages 88 to 100.

Symbol or abbreviation	Name of unit or prefix, where appropriate	Textual reference
A	ampere	A.7
Å	ångström	2.3
a	are	3.3
a	atto (prefix)	1.1
a	year	9, note 2
at	technical atmosphere	32.6
ata	technical atmosphere (absolute, German)	32.7
atm	standard atmosphere	32.6
atü	technical atmosphere (gauge, German)	32.7
AU	astronomical unit	2.3
bar	bar	32.2
bbl	barrel (US, for petroleum)	4.6.3
bbl (dry)	dry barrel (US)	4.6.4
Btu	British thermal unit	36.6
Btu_{mean}	mean British thermal unit	36.6
$Btu_{60/61}$	60 °F British thermal unit	36.6
bu	bushel (US)	4.6.2, 4.6.4
c	centi (prefix)	1.1
c	cycle	12.1
°C	degree Celsius	38.2
cal	calorie	36.6
cal_{IT}	International Table calorie	36.6
cal_{th}	thermochemical calorie	36.6
cal_{15}	15 °C calorie	36.6
cd	candela	A.7
ch	cheval vapeur (metric horsepower) (French)	37, footnote
C.H.U	Centigrade heat unit	36.6
cl	centilitre	4.3
cm	centimetre	2.2
cP	centipoise	34.2
cSt	centistokes	35.2
ctl	cental	14.5
' cumec '	cubic metre per second	23, footnote
' cusec '	cubic foot per second	23, footnote
CV	cheval vapeur (metric horsepower, French)	37, footnote
cwt	hundredweight	14.5
d	day	9.3
d	deci (prefix)	1.1
da	deca (prefix)	1.1
deg	(to indicate temperature interval)	38.5
dm	decimetre	2.2
dr	dram (avoirdupois)	14.5
dry qt	dry quart (US)	4.6.4
dyn	dyne	28.2
erg	erg	36.2

omoorepeyman.ir

Symbol or abbreviation	Name of unit or prefix, where appropriate	Textual reference
°F	degree Fahrenheit	38.3
f	femto (prefix)	1.1
fl dr	fluid drachm	4.6.1
fl dr	fluid dram (US)	4.6.3
fl oz	fluid ounce	4.6.1
Fm	Festmeter (German)	4.4
ft	foot	2.5
ftH_2O	conventional foot of water	32.5
G	giga (prefix)	1.1
g	gram	14.2
g	acceleration due to gravity	13.4
g_n	standard acceleration due to gravity	13.4
g	grade	7.3
Gal	galileo (or gal)	13.2
gal	gallon	4.6.1
gi	gill (US)	4.6.3
gon	gon (or grade)	7.3
gr	grain	14.5
h	hecto (prefix)	1.1
h	hour	9.3
ha	hectare	3.3
hbar	hectobar	33
hl	hectolitre	4.3
hp	horsepower	37.3
hp h	horsepower hour	36.5
Hz	hertz	12.1
in	inch	2.5
inHg	conventional inch of mercury	32.5
inH_2O	conventional inch of water	32.5
J	joule	36.1
K	kelvin	38.1
k	kilo (prefix)	1.1
kg	kilogram	14.1
kgf	kilogram-force	28.2
kip	1000 pounds-force (US)	28.3
km	kilometre	2.2
kn	knot (international)	10.5
kp	kilopond (kilogram-force, German)	28.2
'k.s.i'	kips per square inch (US)	32.4
kW	kilowatt	37.1
kW h	kilowatt hour	36.3
l	litre	4.3
lb	pound	14.4
lbf	pound-force	28.3
liq dr	liquid dram (US)	4.6.3, footnote
liq oz	liquid ounce (US)	4.6.3, footnote
liq pt	liquid pint (US)	4.6.3
liq qt	liquid quart (US)	4.6.3
l.y.	light year	2.3
M	mega (prefix)	1.1
m	metre	2.1
m	milli (prefix)	1.1
mb	millibar	32.2, footnote
'mil'	(of area)	3.5, and note 2
'mil'	(of angle)	7, note 2
'mil'	(of length)	2.6, and note 8

omoorepeyman.ir

Symbol or abbreviation	Name of unit or prefix, where appropriate	Textual reference
tonf	ton-force	28.3
u	atomic mass unit	14.3
UKgal	gallon (UK)	4.6.1
UKpt	pint (UK)	4.6.1
UKqt	quart (UK)	4.6.1
USgal	gallon (US)	4.6.3
W	watt	37.1
yd	yard	2.4
°	degree (of angle)	7.2
′	minute (of angle)	7.2
″	second (of angle)	7.2
°	degree (temperature)	38.2 to 38.5
γ	' gamma ' (microgram)	14, note 1
μ	micro (prefix)	1.1
' μ '	(micron of mercury)	32.5
' μ '	micron	2.2
μg	microgram	14.2
μin	micro-inch	2.6
μl	microlitre	4.3
μm	micrometre (or micron)	2.2
μs	microsecond	9, note 1
∟	(right angle)	7.1

omoorepeyman.ir

General index

The names of the quantities, subjects, units and prefixes to which reference has been made in this standard are listed below with their references. Against units or prefixes the corresponding symbol is also indicated.

Term	Symbol	Textual reference and important notes	Table reference
absolute (pressure)		32.7	—
acceleration		13	13
acceleration, standard	g_n	13.4	13
acre		3.4	3*a*
acre per pound	acre/lb	17.3	17
ampere	A	A.7	—
angle, plane		7	7
angle, right	L	7.1	7
angle, solid		8	—
ångström	Å	2.3	—
angular momentum		27	—
angular velocity		11	11
apothecaries' units		14.5	—
are	a	3.3	—
area		3	—
area, first moment of		5	4*a*, 4*c*
area, second moment of		6	6
area per unit capacity		18	18
area per unit mass		17	17
assay ton (UK)		14.6 and note 3	—
assay ton (US)		14.6 and note 4	—
astronomical unit	AU	2.3	—
atmosphere, standard	atm	32.6	32*b*
atmosphere, technical	at	32.6	32*a*, 32*b*
atmosphere, technical (absolute, German)	ata	32.7	—
atmosphere, technical (gauge, German)	ati	32.7	—
atomic mass unit	u	14.3	—
atto	a	1.1	1*a*
avoirdupois units		14.5	14*a*, 14*b*, 14*c*
bar	bar	32.2	32*b*
barn		3.3	—
barrel (beer, UK)		4.6, note 1	—
barrel (cranberry, US)		4.6, note 2	—
barrel (wine, UK)		4.6, note 1	—
barrel (petroleum, US)	bbl	4.6.3	—
barrel, dry (US)	bbl (dry)	4.6.4	—
barye	(dyn/cm^2)	32.2	—
billion		1.2	1*b*
British thermal unit	Btu	36.6	36*b*
British thermal unit, International Table	Btu_{IT}	36.6	36*b*
British thermal unit, mean	Btu_{mean}	36.6	—
British thermal unit, 60 °F	$Btu_{60/61}$	36.6	—
British thermal unit (used by Gas Industry)		36.6	—
British thermal unit inch per square foot hour degree Fahrenheit	Btu in/(ft^2 h °F)	46.4	46
British thermal unit per cubic foot	Btu/ft^3	40.3	40*a*, 40*b*, 40*c*
British thermal unit per cubic foot degree Fahrenheit	Btu/(ft^3 °F)	43.4	43
British thermal unit per cubic foot hour	Btu/(ft^3 h)	48.3	48

omoorepeyman.ir

Term	Symbol	Textual reference and important notes	Table reference
British thermal unit per foot hour degree Fahrenheit	Btu/(ft h °F)	46.4	46
British thermal unit per hour	Btu/h	37.4	37
British thermal unit per pound	Btu/lb	39.3	39
British thermal unit per pound degree Fahrenheit	Btu/(lb °F)	41.4	41
British thermal unit per square foot hour	Btu/(ft² h)	44.3	44
British thermal unit per square foot hour degree Fahrenheit	Btu/(ft² h °F)	45.4	45
bushel (UK)		4.6.1 and note 3	4*d*
bushel (US)	bu	4.6.2, 4.6.4	4*a*, 4*d*
bushel, international corn		14.6 and note 6	—
cable-length		2.6 and note 16	—
calendar year	a	9.4, footnote	—
calorie	cal	36.6	36*b*
calorie, dietitians		see 36.6	use 36*b*
calorie, International Table	cal_{IT}	36.6	36*b*
calorie, kilogram-		see 36.6	use 36*b*
calorie, thermochemical	cal_{th}	36.6	36*b*
calorie, tonne-		see 36.6	use 36*b*
calorie, 15 °	cal_{15}	36.6	36*b*
calorie per centimetre second kelvin	cal/(cm s K)	46.3	46
calorie per cubic centimetre second	cal/(cm³ s)	48.2	48
calorie per second	cal/s	37.4	37
calorie per square centimetre second	cal/(cm² s)	44.2	44
calorie per square centimetre second kelvin	cal/(cm² s K)	45.3	45
calorific value, gases, with differing reference conditions		40.4	40*b*, 40*c*
calorific value, mass basis		39	39
calorific value, volume basis		40	40*a*, 40*b*, 40*c*
candela	cd	A.7	—
capacity		4	4*a*, 4*b*, 4*c*, 4*d*
carat, metric	CM (see 14, note 2)	14.3	14*b*
Celsius, degree	°C	38.2	38
cental	ctl	14.5	—
centi	c	1.1	1*a*
Centigrade		see 38.2	—
Centigrade heat unit	C.H.U	36.6	—
centilitre	cl	4.3	use 4*a*, 4*b*, 4*c*
centimetre	cm	2.2	use 2
centimetre cubed	cm³	5.2	use 4*a*, 4*c*
centimetre per second squared	cm/s²	13.2	13
centimetre second kelvin per calorie	cm s K/cal	47, note	47
centimetre to the fourth	cm⁴	6	6
centipoise	cP	34.2	34
centistokes	cSt	35.2	35
chain		2.5	2
chain, engineers'		2.6	—
chain, Gunter's		2.5, note 5	2
cheval vapeur (metric horsepower, French)	CV, ch	37, footnote	37
coefficient, heat transfer		45	45
concentration		20	20
conductance, thermal		45	45
conductivity, thermal		46	46

omoorepeyman.ir

Term	Symbol	Textual reference and important notes	Table reference
cord		4.6, note 4	—
corn bushel, international		14.6 and note 6	—
cran		4.6, note 5	—
cubic centimetre	cm^3	4.2	use 4*a*, 4*c*
cubic decimetre	dm^3	4.2	4*a*, 4*b*
cubic foot	ft^3	4.5	4*a*, 4*b*
cubic foot per hour	ft^3/h	23.3	23
cubic foot per pound	ft^3/lb	21.3	21
cubic foot per second	ft^3/s	23.3	23
cubic foot per UK ton	ft^3/UK ton	21.3	21
cubic inch	in^3	4.5	4*a*, 4*b*, 4*c*
cubic inch per pound	in^3/lb	21.3	21
cubic metre	m^3	4.1	4*a*, 4*b*
cubic metre per hour	m^3/h	23.2	23
cubic metre per kilogram	m^3/kg	21.1	21
cubic metre per second	m^3/s	23.1	23
cubic millimetre	mm^3	4.2	4*c*
cubic yard	yd^3	4.5	4*a*
' cumec '		23.1, footnote	23
' cusec '		23.3, footnote	23
cycle	c	see 12.1	—
cycle per second	c/s	12.1	—
day	d	9.3	—
deca	da	1.1	1*a*
deci	d	1.1	1*a*
decimetre	dm	2.2	use 2
deg	deg	38.5	—
degree Celsius	°C	38.2	38
degree Fahrenheit	°F	38.3	38
degree (of angle)	°	7.2	7
degree per minute	°/min	11.2	11
degree per second	°/s	11.2	11
degree Rankine	°R	38.4	38
denier		15.2	—
density		19	19
density, linear		15	15
density, relative		19, footnote	—
diffusivity, thermal		49	see 35
drachm (apothecaries', UK)		14.5	14*b*
drachm, fluid (UK)	UK fl dr	4.6.1	4*c*, 4*d*
dram (apothecaries', US)		14.5	—
dram (avoirdupois)	dr	14.5	14*b*
dram, fluid (US)	fl dr	4.6.3	4*d*
dram, liquid (US)	liq dr	4.6, footnote	4*d*
dynamic viscosity		34	34
dyne	dyn	28.2	28
dyne per centimetre	dyn/cm	31.2	—
dyne per square centimetre	dyn/cm^2	32.2	—
em		2.6 and note 13	—
energy		36	36*a*, 36*b*
energy, specific		39	39
Engler degree		35.5	—
enthalpy, specific		39.1	39

omoorepeyman.ir

Term	Symbol	Textual reference and important notes	Table reference
entropy, specific		42	see 41
ephemeris second		9.2	—
erg	erg	36.2	—
Fahrenheit, degree	°F	38.3	38
fathom		2.6	2
femto	f	1.1	1*a*
Festmeter (German)	Fm	4.4	use 4*a*, 4*b*
flow rate, mass		22	22
flow rate, volume		23	23
flux density, heat		44	44
foot	ft	2.5	2
foot, board		4.6, note 4	—
foot, US survey		2.6	—
foot cubed	ft^3	5.3	4*a*
foot hour degree Fahrenheit per British thermal unit	ft h °F/Btu	—	47
foot of water	ftH_2O	32.5	32*c*
foot per minute	ft/min	10.4	10
foot per second	ft/s	10.4	10
foot per second squared	ft/s^2	13.3	13
foot poundal	ft pdl	36.5	36*a*
foot pound-force	ft lbf	36.5	36*a*, 36*b*
foot pound-force per pound	ft lbf/lb	39.3	39
foot pound-force per pound degree Fahrenheit	ft lbf/(lb °F)	41.4	41
foot pound-force per second	ft lbf/s	37.3	37
foot squared per hour	ft^2/h	35.4	35
foot squared per second	ft^2/s	35.4	35
foot to the fourth	ft^4	6	6
force		28	28
force per unit length		31	—
frequency		12	—
frigorie		36.6	use 36*b*
furlong		2.5	2
gal	Gal	13.2	13
galileo	Gal	13.2	13
gallon (UK)	UKgal	4.6.1	4*b*, 4*d*
gallon (UK) per hour	UKgal/h	23.3	23
gallon (UK) per mile	UKgal/mile	24	24*a*
gallon (UK) per minute	UKgal/min	23.3	23
gallon (UK) per pound	UKgal/lb	21.3	21
gallon (UK) per second	UKgal/s	23.3	23
gallon (US)	USgal	4.6.2, 4.6.3	4*b*, 4*d*
gallon (US) per mile	USgal/mile	24	24*a*
gamma	γ	14.2, note 1	—
gauge (pressure)		32.7	—
giga	G	1.1	1*a*
gill (UK)		4.6.1	4*d*
gill (US)	gi	4.6.3	4*d*
gon	gon	7.3	7
grade	g		
grain	gr	14.5	14*b*
grain per cubic foot	gr/ft^3	20.2	20

omoorepeyman.ir

General index

Term	Symbol	Textual reference and important notes	Table reference
grain per UK gallon	gr/UKgal	20.2	20
grain per US gallon	gr/USgal	20.2	20
gram	g	14.2	14*b*
gram centimetre squared	g cm^2	25.2	25
gram per cubic centimetre	g/cm^3	19.2	19
gram per cubic decimetre	g/dm^3	20.1	20
gram per litre	g/l	20.1	20
gram per millilitre	g/ml	19.2	19
gram per square metre	g/m^2	16.2	16
gravity, specific		19, footnote	—
gravity, standard	g_n	13.4	13
hand		2.6 and note 14	—
heat		36, 36.6	36*b*
heat capacity (volume basis)		43	43
heat content (volume basis)		40	40*a*, 40*b*, 40*c*
heat flow rate, intensity of		44	44
heat flux density		44	44
heat release rate		48	48
heat transfer coefficient		45	45
hectare	ha	3.3	3*a*
hectare per kilogram	ha/kg	17.2	17
hecto	h	1.1	1*a*
hectobar	hbar	33	32*a*
hectolitre	hl	4.3	see 4*a*, 4*b*
hertz	Hz	12.1	—
horsepower	hp	37.3	37
horsepower, metric	see 37.2, footnote	37.2	37
horsepower hour	hp h	36.5	36*a*, 36*b*
hour	h	9.3	—
hundredweight	cwt	14.5	14*c*
hundredweight, long (US)		14.5	—
hundredweight, short (US)	sh cwt	14.5	14*c*
imperial system, commentary on		Appendix A	—
inch	in	2.5	2
inch cubed	in^3	5.3	4*a*, 4*c*
inch of mercury, conventional	inHg	32.5	32*b*, 32*c*
inch of water, conventional	inH_2O	32.5	32*c*
inch per second	in/s	10.4	10
inch squared per hour	in^2/h	35.4	35
inch squared per second	in^2/s	35.4	35
inch to the fourth	in^4	6	6
inertia, geometrical moment of		6	6
inertia, moment of		25	25
intensity of heat flow rate		44	44
inverse second	s^{-1}	12.1, 12.2	—
IPTS - 68		38.6	—
iron		2.6, note 10	—
joule	J	36.1	36*a*, 36*b*
joule, absolute	J	36.1	36*a*, 36*b*
joule, international		36.1	—
joule per cubic metre	J/m^3	40.1	40*a*, 40*b*, 40*c*
joule per cubic metre degree Celsius	J/(m^3 °C)	43.2	43

omoorepeyman.ir

Term	Symbol	Textual reference and important notes	Table reference
joule per cubic metre kelvin	J/(m³ K)	43.1	43
joule per kilogram	J/kg	39.1	39
joule per kilogram degree Celsius	J/(kg °C)	41.2	use 41
joule per kilogram kelvin	J/(kg K)	41.1	41
kelvin	K	38.1	38
kilo	k	1.1	1*a*
kilocalorie per cubic metre	kcal/m³	40.2	40*a*, 40*b*, 40*c*
kilocalorie per cubic metre hour	kcal/(m³ h)	48.2	48
kilocalorie per cubic metre kelvin	kcal/(m³ K)	43.3	43
kilocalorie per hour	kcal/h	37.4	37
kilocalorie per kilogram	kcal/kg	39.2	39
kilocalorie per kilogram kelvin	kcal/(kg K)	41.3	41
kilocalorie per metre hour kelvin	kcal/(m h K)	46.3	46
kilocalorie per square metre hour	kcal/(m² h)	44.2	44
kilocalorie per square metre hour kelvin	kcal/(m² h K)	45.3	45
kilogram	kg	14.1	14*a*
kilogram-force	kgf	28.2	28
kilogram-force metre (energy)	kgf m	36.4	36*a*
kilogram-force metre (torque)	kgf m	30.2	30
kilogram-force metre per kilogram	kgf m/kg (kp m/kg)	39.2	39
kilogram-force metre per kilogram kelvin	kgf m/(kg K)	41.3	41
kilogram-force metre per second	kgf m/s	37.2	37
kilogram-force per square centimetre	kgf/cm²	32.3	32*a*, 32*b*
kilogram-force per square metre	kgf/m²	32.3	32*c*
kilogram-force per square millimetre	kgf/mm²	33	32*a*, footnote
kilogram-force second per square metre	kgf s/m²	34.3	34
kilogram metre squared	kg m²	25.1	25
kilogram millimetre squared	kg mm²	25.2	25
kilogram per cubic metre (density)	kg/m³	19.1	19
kilogram per cubic metre (concentration)	kg/m³	20.1	20
kilogram per hectare	kg/ha	16.2	16
kilogram per hour	kg/h	22.2	22
kilogram per metre	kg/m	15.1	15
kilogram per metre second	kg/(m s)	34.1	see 34
kilogram per second	kg/s	22.1	22
kilogram per square metre	kg/m²	16.1	16
kilometre	km	2.2	see 2
kilometre per hour	km/h	10.3	10
kilometre per litre	km/l	24	24*b*
kilopascal	kPa	32.1	see 32*a*, 32*b*, 32*c*
kilopond	kp	28.2	28
kilopond metre (energy)	kp m	36.4, footnote	36*a*
kilopond metre (torque)	kp m	30.2	30
kilopond per square centimetre	kp/cm²	32.3	32*a*, 32*b*
kilopond per square metre	kp/m²	see 32.3	32*c*
kilowatt	kW	37.1	use 37
kilowatt hour	kW h	36.3	36*a*, 36*b*
kinematic viscosity		35	35
kip (US)		28.3	28
knot (international)	kn	10.5	10
knot (UK)		10.5	10

omoorepeyman.ir

General index

Term	Symbol	Textual reference and important notes	Table reference
latent heat, specific		39.1	39
length		2	2
light year	l.y.	2.3	—
ligne		2.6 and note 12	—
line		2.6 and notes 11, 12	—
linear density		15	15
linear velocity		10	10
link		2.6	—
litre	l	4.3	4*a*, 4*b*, 4*c*
litre (1901)		4.3	4*a*, 4*b*, 4*c*
litre atmosphere		36.4	36*a*
litre per hour	l/h	23.2	23
litre per hundred kilometres	l/100 km	24	Fig. 1
litre per kilogram	l/kg	21.2	21
litre per kilometre	l/km	24	24*a*
litre per minute	l/min	23.2	23
litre per second	l/s	23.2	23
mass		14	14*a*, 14*b*, 14*c*
mass per unit area		16	16
mass per unit length		15	15
mass rate of flow		22	22
mass unit atomic	u	14.3	—
mega	M	1.1	1*a*
megagram	Mg	14.2	14*c*
megapascal	MPa	32.1	32*a*
metre	m	2.1	2
metre cubed	m^3	5.1	4*a*
metre hour kelvin per kilocalorie	m h K/kcal	—	47
metre kelvin per watt	m K/W	47	47
metre of water	mH_2O	32.5	see 32*a*
metre per second	m/s	10.1	10
metre per second squared	m/s^2	13.1	13
metre squared per hour	m^2/h	35.3	35
metre squared per second	m^2/s	35, 49	35
metre to the fourth	m^4	6.1	6
metric carat	(see 14.3, note 2)	14.3	14*b*
metric horsepower	(see 37.2, footnote)	37.2	37
metric system, commentary on		Appendix A	—
micro	μ	1.1	1*a*
microgram	μg	14.2	use 14*b*
micro-inch	μin	2.6	use 2
microlitre	μl	4.3	use 4*c*
micrometre	μm	2.2	use 2
micron	μm	2.2	use 2
micron (pressure unit)	μmHg (μ)	32.5	use 32*c*
microsecond	μs	9, note 1	—
' mil ', circular (of area)		3.5 and note 2	3*b*
' mil ' (of angle)	mil	7, note 2	—
' mil ' (of length)	mil	2.6 and note 8	2
' mil ' (of volume)		4.4	4*c*
mile	mile	2.5	2

omoorepeyman.ir

Term	Symbol	Textual reference and important notes	Table reference
mile, international nautical	n mile	2.3	2
mile, statute	mile	2.5 and note 6	2
mile, telegraph nautical		2.6	—
mile, UK nautical		2.6 and note 16	2
mile per gallon (UK)	mile/UKgal	24	24*b* and Fig. 1
mile per gallon (US)	mile/USgal	24	24*b* and Fig. 1
mile per hour	mile/h	10.4	10
milli	m	1.1	1*a*
millibar	mbar (mb)	32.2 and footnote	32*b*, 32*c*
milligal	mGal	13.2	13
milligram	mg	14.2	use 14*b*
milligram per square centimetre	mg/cm^2	16.2	16
milligram per square millimetre	mg/mm^2	16.2	16
millilitre	ml	4.3	4*c*
millimetre	mm	2.2	use 2
millimetre cubed	mm^3	5.2	use 4*a*
millimetre of mercury, conventional	mmHg	32.5	32*c*
millimetre of water, conventional	mmH_2O	32.5	32*c*, footnote
millimetre to the fourth	mm^4	6	6
million		1.2	1*b*
millisecond	ms	9, note 1	—
minim (UK)	UKmin	4.6.1	4*c*, 4*d*
minim (US)		4.6.3	4*d*
minute (of angle)		7.2	7
minute (of time)	min	9.3	—
modulus of section		5	4*a*
mole	mol	A.7	—
moment, first, of area		5	4*a*
moment, geometrical, of inertia		6	6
moment of force		30	30
moment of inertia		25	25
momentum, angular		27	—
momentum (linear)		26	—
month		9.4	—
nano	n	1.1	1*a*
nanosecond	ns	9, note 1	—
nautical mile (international)	n mile	2.3	2
newton	N	28.1	28
newton metre	N m	30.1, 36.1	30
newton per metre	N/m	31.1	—
newton per square metre	N/m^2	32.1	32*a*, 32*b*, 32*c*
newton per square millimetre	N/mm^2	33	32*a*
newton second per square metre	$N\ s/m^2$	34.1	use 34
number		1	1*a*, 1*b*
ounce (apothecaries' UK)	oz apoth	14.5	14*b*
ounce (apothecaries' US)	oz ap	14.5	14*b*
ounce (avoirdupois)	oz	14.5	14*b*
ounce, fluid (UK)	UKfl oz	4.6.1	4*c*, 4*d*
ounce, fluid (US)	USfl oz	4.6.3	4*c*, 4*d*
ounce, liquid (US)	liq oz	4.6.3, footnote	4*c*, 4*d*
ounce-force	ozf	28.3	28
ounce-force inch	ozf in	30.3	30
ounce inch squared	$oz\ in^2$	25.3	25

omoorepeyman.ir

Term	Symbol	Textual reference and important notes	Table reference
ounce per square foot	oz/ft²	16.3	16
ounce per square yard	oz/yd²	16.3	16
ounce per UK gallon	oz/UKgal	20.2	20
ounce per US gallon	oz/USgal	20.2	20
ounce troy (UK)	oz tr	14.5	14*b*
ounce troy (US)	oz t	14.5	14*b*
parsec	pc	2.3	—
pascal	Pa	32.1, 33	32*a*, 32*b*, 32*c*
pascal second	Pa s	34.1	34
peck (UK)		4.6.1	4*d*
peck (US)	pk	4.6.4	4*d*
perch		2.6 and note 15	—
Petrograd standard		4.6, note 4	—
Pferdestärke (metric horsepower, German)	PS	37, footnote	37
pico	p	1.1	1*a*
pièze	pz	32.2	—
pint (UK)	UKpt	4.6.1	4*b*, 4*d*
pint, dry (US)		4.6.4	4*a*, 4*d*
pint, liquid (US)	liq pt	4.6.3	4*b*, 4*d*
plane angle		7	7
point		2.6 and note 9	—
poise	P	34.2	—
poiseuille (French)	Pl	34.1	—
pole		2.6 and note 15	—
pond (gram-force, German)	p	see 28.2	—
pound	lb	14.4	14*a*, 14*c*
pound foot squared	lb ft²	25.3	25
pound-force	lbf	28.3	28
pound-force foot	lbf ft	30.3	30
pound-force hour per square foot	lbf h/ft²	34.3	34
pound-force inch	lbf in	30.3	30
pound-force per square foot	lbf/ft²	32.4	32*c*
pound-force per square inch	lbf/in² (p.s.i.)	32.4	32*a*, 32*b*
		33	32*a*, 32*b*
pound-force second per square inch	lbf s/in²	34.3	—
pound-force second per square foot	lbf s/ft²	34.3	34
pound inch squared	lb in²	25.3	25
pound per acre	lb/acre	16.3	16
pound per cubic foot	lb/ft³	19.3	19
pound per cubic inch	lb/in³	19.3	19
pound per foot	lb/ft	15.3	15
pound per foot hour	lb/(ft h)	34.3	see 34
pound per foot second	lb/(ft s)	34.3	34
pound per (UK) gallon	lb/UKgal	19.3	19
pound per (US) gallon	lb/USgal	19.3	19
pound per hour	lb/h	22.3	22
pound per inch	lb/in	15.3	15
pound per mile	lb/mile	15.3	15
pound per second	lb/s	22.3	22
pound per thousand square feet	lb/1000 ft²	16.3	16
pound per yard	lb/yd	15.3	15
pound troy (US)		14.5	—
poundal	pdl	28.3	28
poundal foot	pdl ft	30.3	30

omoorepeyman.ir

Term	Symbol	Textual reference and important notes	Table reference
poundal per square foot	pdl/ft²	32.4	32*a*
poundal second per square foot	pdl s/ft²	34.3	34
pounds-force per square inch (absolute)	p.s.i.a	32.7	—
pounds-force per square inch (gauge)	p.s.i.g	32.7	—
power		37	37
pressure		32	32*a*, 32*b*, 32*c*
quadrillion		1.2	1*b*
quart (UK)	UKqt	4.6.1	4*d*
quart, dry (US)	dry qt	4.6.4	4*d*
quart, liquid (US)	liq qt	4.6.3	4*d*
quarter	qr	14.5	—
quintal	q	14.3	—
radian	rad	7.1	7
radian per minute	rad/min	11.2	11
radian per second	rad/s	11.1	11
Rankine, degree	°R	38.4	38*c*
Raummeter (German)	Rm	4.4	use 4*a*, 4*b*
Redwood number		35.5	—
refrigeration, ton of		37.4	—
relative density		19, footnote	—
release rate, heat		48	48
resistivity, thermal		47	47
revolution per minute (angular velocity)	rev/min r/min	11.2	11
revolution per minute (rotational frequency)	rev/min r/min	12.3	—
revolution per second (angular velocity)	rev/s r/s	11.2	11
revolution per second (rotational frequency)	rev/s r/s	12.2	—
' reyn '		34.3, footnote	—
right angle	L	7.1	7
rod		2.6, note 15	—
rood		3.4, note 1	3*a*
rotation, speed of		11, footnote	—
rotational speed		11, footnote	—
rotational velocity		11, footnote	—
Saybolt scale		35.5	—
Scale, International Practical Temperature, of 1968	IPTS - 68	38.6	—
scruple (apothecaries')		14.5	—
second (of angle)	"	7.2	7
second (of time)	s	9.1	—
second, ephemeris		9.2	—
second, inverse	s^{-1}	12.1, 12.2	—
section, modulus of		5	4*a*
short hundredweight	sh cwt	14.5	14*c*
short ton	sh ton	14.5	14*c*
slug		14.6 and note 5	14*a*
slug hour per foot second squared	slug h/(ft s²)	see 34.3	use 34

omoorepeyman.ir

General index

Term	Symbol	Textual reference and important notes	Table reference
slug per foot second	slug/(ft s)	34.3	34
solid angle		8	—
specific energy		39	39
specific entropy		42	see 41
specific gravity		19, footnote	—
specific heat		41, footnote	—
specific heat, volume basis		43 and footnotes to 41	43
specific heat capacity		41	41
specific latent heat		39.1	39
specific surface		17	17
specific volume		21	21
speed		10	10
speed, rotational		11, footnote	—
square centimetre	cm^2	3.2	use 3*a*
square centimetre per milligram	cm^2/mg	17.2	use 17
square decimetre	dm^2	3.2	use 3*a*
square foot	ft^2	3.4	3*a*
square foot hour degree Fahrenheit per British thermal unit inch	$ft^2\ h\ °F/(Btu\ in)$	—	47
square foot per gallon	ft^2/gal	18	18
square foot per ounce	ft^2/oz	17.3	17
square foot (thousand) per pound	$1000\ ft^2/lb$	17.3	17
square inch	in^2	3.4	3*a*, 3*b*
square kilometre	km^2	3.2	use 3*a*
square metre	m^2	3.1	3*a*
square metre per gram	m^2/g	17.2	use 17
square metre per kilogram	m^2/kg	17.1	17
square metre per litre	m^2/l	18	18
square mile	$mile^2$	3.4	3*a*
square mile per ton	$mile^2/ton$	17.3	17
square millimetre	mm^2	3.2	3*b*, 3*a*
square millimetre per milligram	mm^2/mg	17.2	17
square yard	yd^2	3.4	3*a*
square yard per gallon	yd^2/gal	18	18
square yard per ounce	yd^2/oz	17.3	17
standard, (Petrograd)		4.6, note 4	—
standard atmosphere	atm	32.6	32*b*
standard gravity	g_n	13.4	13
steradian	sr	8	—
stère (French)	st	4.4	use 4*a*, 4*b*
sthène (French)	sn	28.2	use 28
stokes	St	35.2	use 35
stone		14.5	—
stress		33	32*a*, 32*b*, 32*c*
surface, specific		17	17
technical atmosphere	at	32.6	32*a*, 32*b*
technical atmosphere, absolute, German	ata	32.7	—
temperature		38	38
temperature, thermodynamic		see 38	—
temperature difference		38	—
temperature interval		38	—
tera	T	1.1	1*a*
tex		15.2	—

omoorepeyman.ir

Term	Symbol	Textual reference and important notes	Table reference
therm		36.6	—
therm per gallon	therm/UKgal	40.3	40*a*
thermal conductance		45	45
thermal conductivity		46	46
thermal diffusivity		49	see 35
thermal resistivity		47	47
thermie	th	36.6	use 36*b*
thermie per litre	th/litre	40.2	40*a*
thermodynamic temperature		see 38	—
' thou '	thou	2.6, note 7	use 2
time		9	—
ton	ton	14.5	14*c*
ton, assay (UK)		14.6 and note 3	—
ton, assay (US)		14.6 and note 4	—
ton, gross (US)		14.5	—
ton, long (US)		14.5	—
ton, short (US)	sh ton	14.5	14*c*
ton-force	tonf	28.3	28
ton-force (US)	UStonf	28.3	use 28
ton-force foot	tonf ft	30.3	30
ton-force per square foot	tonf/ft^2	32.4	32*a*
ton-force per square inch	tonf/in^2	32.4	32*a*
		33	32*a*
ton mile	UKton mile	24	under 24*b*
ton mile per gallon	UKton mile/UKgal	24	under 24*b*
ton of refrigeration		37.4	—
ton per cubic yard	ton/yd^3	19.3	19
ton per hour	ton/h	22.3	22
ton per mile	ton/mile	15.3	15
ton per square mile	ton/mile^2	16.3	16
ton per thousand yards	ton/1000 yd	15.3	15
tonne	t	14.2	14*c*
tonne-calorie		see 36.6	use 36*b*
tonne kilometre	t km	24	under 24*b*
tonne kilometre per litre	t km/l	24	under 24*b*
torque		30	30
torr		32.5	32*b*
traffic factors		24	24*a*, 24*b* and Fig. 1
trillion		1.2	1*b*
tropical year	a	9.4, footnote	—
troy units		14.5	—
unit, atomic mass	u	14.3	—
' vacuum ' values		32.7	—
velocity, angular		11	11
velocity, linear		10	10
velocity, rotational		11, footnote	—
viscosity, dynamic		34	34
viscosity, kinematic		35	35
volume, and capacity		4	4*a*, 4*b*, 4*c*, 4*d*
volume, specific		21	21
volume rate of flow		23	23
Vollwinkel (German)		7, note 3	—

omoorepeyman.ir

Term	Symbol	Textual reference and important notes	Table reference
watt	W	37.1	37
watt per cubic metre	W/m³	48.1	48
watt per metre degree Celsius	W/(m °C)	46.2	46
watt per metre kelvin	W/(m K)	46.1	46
watt per square inch	W/in²	44.3	44
watt per square metre	W/m²	44.1	44
watt per square metre degree Celsius	W/(m² °C)	45.2	45
watt per square metre kelvin	W/(m² K)	45.1	45
week		9.4	—
weight		29	14*a*, 14*b*, 14*c* 28
work		36	36*a*, 36*b*
yard	yd	2.4	2
year	a	9.4	—
year, calendar	a	9.4, footnote	—
year, light	l.y.	2.3	—
year, tropical	a	9.4, footnote	—

omoorepeyman.ir

BSI publications referred to in this standard

This standard makes reference to the following British standards:

BS 718 Density hydrometers and specific gravity hydrometers
BS 860 Tables for comparison of hardness scales
BS 874 Methods of determining thermal properties, with definitions of thermal insulating terms
BS 947 Universal system for designating linear density of textiles (Tex System)
BS 1797 Tables for use in the calibration of volumetric glassware
BS 1957 Presentation of numerical values (fineness of expression; rounding of numbers)
BS 2520 Barometer conventions and tables
BS 2856 Precise conversion of inch and metric sizes on engineering drawings
BS 3763 The International System of units (SI)
PD 5686 The use of SI units

omoorepeyman.ir

Amendments issued since publication

Amd. No.	Date of issue	Text affected
4153	July 1983	Incorporated in this standard

British Standards Institution · 2 Park Street London W1A 2BS · Telephone 01-629 9000 · Telex 266933

omoorepeyman.ir

8912 –8 –0.2k– B

BS 350 : Part 1 : 1974