المحاظرة رقم (1)

الوحدات والابعاد Units and Dimensions

تعد الفيزياء والكيمياء والرياضيات موضوعات مهمة لفهم المباديء التي تحكم معظم وحدات التشغيل الموجودة .فعندما يراد تصميم عملية غذائية food process design فان ذلك يتطلب من المهندس الغذائي الالمام بعملية التسخين والتبريد وان يكون على دراية بالاسس الفيزيائية الي تحكم انتقال الحرارة ولذلك فان الرياضيان مهمة جدا في هذا الجانب. تخضع الاغذية للتغيرات الناتجة عن التصنيع مثل التغيرات الفيزيائية والكيميائية والانزيمية او المايكروبايولوجيةلذلك من الضروري معرفة حركية التغيرات الكيميائية التي تحدث خلال الصنيع. ان تلك العمليات يتم التهبير عنها بوحدات وابعاد خاصة لكل صفة معينة.

الابعاد Dimensions

ان الزمن والطول والمساحة والحجم والكتلة والقوة ودرجة الحرارة والطاقة كميات ذات ابعاد وعبر عن كمية الابعاد بالوحدات ، مثا تقاس وحدة الطول بالمتر او السنتمتر او المليمتر.

الوحدات الهندسية Engineering Units

هنالك مايسمى بالنظام الانكليزي هو (cgs) و (mkgs) والنظام العالمي للوحدات هو SI Units

الوحدات الاساسية Base Units

هنالك سبع وحدات اساسية في انظمة القياس هي الكتلة ، الطول ، الزمن ، درجة الحرارة وهذه تستخدم لوحدها بينما وحدات التيار الكهربائي electric current وشدة الاضاءة luminous intensity وكمية المادة amount of a substance

الجدول التالي يوضح الوحدات الاساسية في النظام العالمي SI Units.

Dimensions and Preferred Units Used in SI System

Dimension	Unit	Preferred Symbol
Mass	Kilogram	kg
Length	Meter	m
Time	Second	s
Absolute temperature	Kelvin	K
Temperature	Degrees Celsius	°C = K – 273
Electric current	Ampere	A
Luminous intensity	Candela	cd
Amount of a substance	Mole	mol

الوحدات الاضافية Supplementary Units

ويحتوي هذا النوع من الوحدات على مجموعتين من الوحدات الهندسية التي يمكن ان تعود الى وحدات اساسية او وحدات مشتقة .

1- الزاوية النصف قطرية Circular measure (الراد). 2- وحدة الزاوية الصلبة Steradian

الوحدات المشتقة Derived Units

وهي ناتجة من تركيب الوحدات الاساسية مثل

1- المساحة Area ووحداتها m^2 وهي نتجة من حاصل ضرب (m×m).

2- الحجم Volume وحداته m^3 وهو ناتج من حاصل ضرب (m×m×m).

$$1\ m^3 = 1\ m \times 1\ m \times 1\ m = 10^3\ mm \times 10^3\ mm \times 10^3\ mm = 10^9\ mm^3$$
$$= 10^6\ cm^3 = 10^6\ ml = 10^3\ liters$$

3- الكثافة Density وهي حاصل قسمة كتلة المادة على الحجم.

$$\rho = \frac{kg}{m^3} = kgm^{-3}$$

.

4- السرعة Velocity : وهي المسافة المقطوعة على وحدة الزمن . وحداتها (m/s).

$$\frac{m}{s} = V \quad \text{or} \quad ms^{-1} = V$$

5- الجريان Flow : ويقاس بالمتر المكعب على الزمن . وحداته (m^3/s).

6- الزخم Momentum :وهو حاصل ضرب الكتة والسرعة . وحداته (kg.m/s) او (N.s).

7- التعجيل Acceleration : وهو معدل التغير في سرعة الجسم. وحداته (m/s^2).

8- ثابت التعجيل Gravitational constant: وقيمته:

$$g = 9.81\ ms^{-2}.$$

9- القوة Forc: وتمثل حاصل ضرب الكتلة (m) في التعجيل (a). وحداتها (N) .

$$F = ma$$

$$N = kg.m/s^2$$

10- الضغط Pressure القوة المسلطة عموديا على وحدة المساحة. وحداته: (N/m^2) او (Pa)

$$1\,bar = 10^5\,Pa\left(Nm^{-2}\right) = 0.1\,MPa \cong 1\,atmosphere$$

11- التردد Frequency: وحداته :

$$\text{cycles per second} = \text{hertz} = Hz, \text{ where } 10^6$$

$$Hz = 1 \text{ megahertz} = 1MHz.$$

د. اسعد رحمان الحلفي

مثال (1): حول 25789 gm الى (kilograms) **kg.**

$$25789\,\text{g} = \left(\frac{25789\,\text{g}}{1}\right)\left(\frac{1\,\text{kg}}{1000\,\text{g}}\right) = 25.789\,\text{kg}$$

مثال (2): حول $1500\ \text{kg/m}^3$ الى g/cm^3 و g/ml.

$$\frac{1500\,\text{kg}}{\text{m}^3} = \frac{1500\times 1000\,\text{g}}{100\,\text{cm}\times 100\,\text{cm}\times 100\,\text{cm}} = \frac{1,500,000\,\text{g}}{1,000,000\,\text{cm}^3} = \frac{1.5\,\text{g}}{\text{cm}^3} = 1.5\,\text{g/ml}$$

مثال (3): حول 20 kPa الى kg/ms^2.

$$20\,\text{kPa} = (20\,\text{kPa})\left(\frac{1000\,\text{Pa}}{1\,\text{kPa}}\right) = 20000\,\text{Pa} = (20000\,\text{Pa})\left(\frac{1\,\text{Nm}^{-2}}{1\,\text{Pa}}\right)$$

$$20\,\text{kPa} = \left(20000\,\text{Nm}^{-2}\right)\left(\frac{1\,\text{kgms}^{-2}}{1N}\right) = 20000\,\text{kgm}^{-1}\text{s}^{-2} = 20000\,\text{kg/ms}^2$$

مثال(4): احسب كتلة صفيحة من الالمنيوم aluminum **طولها** 1.5 m **وعرضها 15 cm و سمكها 1.8 mm وكثافة الالمنيوم** $2.7\ \text{g/cm}^3$.

$$\text{mass} = \text{volume}\times\text{density}$$

$$\text{mass(g)} = \text{volume}\left(\text{cm}^3\right)\times\text{density}\left(\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}\right)$$

$$\text{mass(g)} = \frac{150\,\text{cm}\times 15\,\text{cm}\times 0.18\,\text{cm}}{1}\times\frac{2.7\,\text{g}}{1\,\text{cm}^3}$$

$$\text{mass(g)} = \frac{405\,\text{cm}^3}{1}\times\frac{2.7\,\text{g}}{1\,\text{cm}^3} = 1093.5\,\text{g}$$

$$\text{mass(kg)} = \text{volume}\left(\text{m}^3\right)\times\text{density}\left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)$$

$$\text{mass(kg)} = \frac{1.5\,\text{m}\times 0.15\,\text{m}\times 0.0018\,\text{m}}{1}\times\frac{0.0027\,\text{kg}}{0.0000001\,\text{m}^3}$$

$$\text{mass(kg)} = \frac{0.000405\,\text{m}^3}{1}\times\frac{2700\,\text{kg}}{\text{m}^3} = 1.0935\,\text{kg}$$

وحدات الانظمة الميكانيكية UNITS FOR MECHANICAL SYSTEMS

الشغل Work : الشغل الميكانيكي وحداته joule (J) وهو حاصل ضرب القوة في الازاحة (h).

$$J = N \times m = \mathrm{kgm^2 s^{-2}}$$

مثال (1): احسب الشغل المطلوب لرفع 1 kg من مادة الى ارتفاع 3 m علما ان التعجيل الارضي هو 9.8 m/s^2 .

F=m.g.h

$$1 \times 3 \times 9.81 = 29.43\,\mathrm{J}$$

القدرة Power : وهي معدل الشغل المنجز في وحدة الزمن ، وحداتها (W) او (J/s).

$$1\,\mathrm{hp} \Leftrightarrow 745.7\,W \Leftrightarrow 745.7\,\mathrm{Js^{-1}}$$

حيث ان hp يمثل القدرة الحصانية.

مثال (2): اثبت ان 1hp = 745.7 W.

$$1\,\mathrm{hp} = 550\,\mathrm{ftlb_f}\,/\,\mathrm{s}$$

$$\mathrm{ftlb_f} = \mathrm{lb_m} \times \frac{\mathrm{ft}}{\mathrm{s^2}} \times g_c$$

$$g_c = \frac{\mathrm{ftlb_m}}{\mathrm{lb_f s^2}}$$

$$1\,\mathrm{hp} = 550\left(\frac{1\,\mathrm{ft}}{1} \times \frac{0.3048\,\mathrm{m}}{\mathrm{ft}}\right)\left(\frac{\frac{1\,\mathrm{lb}}{1} \times \frac{0.4536\,\mathrm{kg}}{\mathrm{lb}}}{\mathrm{s}} \times \frac{32.17\,\mathrm{ft}}{\mathrm{s^2}} \times \frac{0.3048\,\mathrm{m}}{\mathrm{ft}}\right)$$

$$1\,\mathrm{hp} = 745.62\,\mathrm{Js^{-1}} = 745.6\,\mathrm{W}$$

الطاقة Energy : وهي على نوعين الاول هو الطاقة الحركية energy kinetic **(KE) والثاني هو الطاقة الكامنة energy** potential **(PE)**

$$PE = \mathrm{mhg}$$

مثال (1): خزان ماء كتلة الماء فيه 100 kgمرفوع عن سطح الارض مسافة 10 m احسب الطاقة الكامنة؟

$$PE = \mathrm{mhg}$$

$$PE = 100\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{s}} \times 10\,\mathrm{m} \times 9.81\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s^2}}$$

$$PE = 9810\,\mathrm{Js^{-1}} = 9.81\,\mathrm{kW}$$

الطاقة الحركية energy kinetic **: جسم كتلته m وسرعته v فان طاقته الحركية :**

$$KE = \frac{mV^2}{2}$$

مثال (1): جسم كتلته 1000 kg يتحرك بسرعة مقدارها 15 m/s احسب طاقته الحركية؟

$$KE = \frac{mV^2}{2g}$$

$$KE = \frac{1000 \times 15^2}{2 \times 9.81}$$

$$KE = 11476.89\,\text{J}$$

الطاقة الحركية مهمة جدا في حركة المواد في معامل تصنيع الاغذية.

القوة الطاردة المركزية Centrifugal force (CF):

$$CF = mr\omega^2 = \frac{mv_t^2}{r}$$

where m = mass, r = radius in m, ω = angular velocity = 2πN radians per second.

$$2\pi \text{ rad} = 1 \text{ revolution} = 360^\circ$$

$$1 \text{ rad} = 57.3^\circ$$

العزم Torque (T):

$$T = F \times r$$

$$T = Nm$$

حيث r نصف القطر.

مثال (1): حول وحدة اللزوجة $lb_m/(ft\ s)$ **الى** kg/ms.

$$\text{kg / ms} = \left(\text{lb}_m \text{ / fts}\right) \times \text{conversion}$$

$$\text{kg / ms} = \frac{\text{lb}_m}{\text{fts}} \times \frac{1\,\text{kg}}{2.2046\,\text{lb}_m} \times \frac{3.281\,\text{ft}}{1\,\text{m}} \times \frac{1\,\text{s}}{1\,\text{s}}$$

$$\text{kg / ms} = \text{lb}_m \text{ / fts} \times 1.48866\,\text{kg / ms}$$

وايضا تعطى اللزوجة بوحدات Pa.s ويمكن تحويلها الى kg / ms.

$$\text{Pa s} = (\text{N/m}^2)\ \text{s} = \text{kg} \times \text{m/s}^2 \times \text{s/m}^2 = \text{kg/ms}$$

امثلة عامة:

1- اوجد تحويل الوحدات التالية الى النظام العالمي:

a. a density value of 60 lb_m/ft^3 to kg/m^3
b. an energy value of 1.7×10^3 Btu to kJ
c. an enthalpy value of 2475 Btu/lb_m to kJ/kg
d. a pressure value of 14.69 psig to kPa
e. a viscosity value of 20 cp to Pa s

a.

$$1lb_m = 0.45359\,kg$$

$$1ft = 0.3048\,m$$

Thus,

$$(60\,lb_m/ft^3)(0.45359\,kg/lb_m)\left(\frac{1}{0.3048}\,m/ft\right)^3$$

$$= 961.1\,kg/m^3$$

b. *For energy*

$$1Btu = 1.055\,kJ$$

Thus,

$$\frac{(1.7\times10^3\ Btu)(1.055\,kJ)}{(1Btu)} = 1.8\times10^3\,kJ$$

c. *For enthalpy, the conversion units for each dimension are*

$$1\,Btu = 1.055\,kJ$$

$$1\,lb_m = 0.45359\,kg$$

Thus,

$$(2475\,Btu/lb_m)(1.055\,kJ/Btu)\left(\frac{1}{0.45359\,kg/lb_m}\right)$$

$$= 5757\,kJ/kg$$

$$1\,Btu/lb_m = 2.3258\,kJ/kg$$

$$\frac{(2475\,Btu/lb_m)(2.3258\,kJ/kg)}{(1\,Btu/lb_m)} = 5756\,kJ/kg$$

d. *For pressure*

$$psia = psig + 14.69$$

The gauge pressure, 14.69 psig, is first converted to the absolute pressure, psia (see Section 1.9 for more discussion on gauge and absolute pressures).

$$14.69\,psig + 14.69 = 29.38\,psia$$

The unit conversions for each dimension are

$$1\,lb = 4.4483\,N$$

$$1\,in = 2.54 \times 10^{-2}\,m$$

$$1\,Pa = 1\,N/m^2$$

$$(29.28\,lb/in^2)(4.4482\,N/lb)\left(\frac{1}{2.54 \times 10^{-2}\,m/in}\right)^2\left(\frac{1\,Pa}{1\,N/m^2}\right)$$

$$= 201877\,Pa$$

$$= 201.88\,kPa$$

Alternatively, since

$$1\,psia = 6.895\,kPa$$

$$\frac{(29.28\,psia)(6.895\,kPa)}{(1\,Psia)} = 201.88\,kPa$$

e. For viscosity

$$1cp = 10^{-3}\ Pa\ s$$

Thus,

$$\frac{(20\,cp)(10^{-3}\ Pa\ s)}{(1\,cp)} = 2\times10^{-2}\ Pa\ s$$

ادناه جداول تحويل الوحدات:

SI Units—Numerical Prefixes

Factor	Scientific	In Words	SI Prefix	SI Symbol
1,000,000,000	10^9	billion/milliard/trillion	*giga	G
1,000,000	10^6	million	*mega	M
1,000	10^3	thousand	*kilo	k
100	10^2	hundred	hecto	h
10	10	ten	deca	da
0.1	10^{-1}	tenth	deci	d
0.01	10^{-2}	hundredth	centi	c
0.001	10^{-3}	thousandth	milli	m
0.000001	10^{-6}	millionth	*micro	μ
0.000000001	10^{-9}	billionth/milliardth	*nano	n

Table A.1.1 SI Prefixes

Factor	Prefix	Symbol	Factor	Prefix	Symbol
10^{18}	exa	E	10^{-1}	deci	d
10^{15}	peta	P	10^{-2}	centi	c
10^{12}	tera	T	10^{-3}	milli	m
10^9	giga	G	10^{-6}	micro	μ
10^6	mega	M	10^{-9}	nano	n
10^3	kilo	k	10^{-12}	pico	p
10^2	hecto	h	10^{-15}	femto	f
10^1	deka	da	10^{-18}	atto	a

Length

From/To	Millimeter	Centimeter	Meter	Kilometer	Inch	Foot	Yard	Mile
Millimeter	1	0.1	0.001	—	0.03937	—	—	—
Centimeter	10	1	0.01	—	0.393701	0.032808	—	—
Meter	1000	100	1	0.001	39.3701	3.28084	1.09361	—
Kilometer	—	—	1000	1	—	3280.84	1093.61	0.621371
Inch	25.4	2.54	—	—	1	0.083333	0.02778	—
Foot	304.8	30.48	0.3048	—	12	1	0.33333	—
Yard	914.4	91.44	0.9144	0.000914	36	3	1	0.000568
Mile	—	—	1609.344	1.609344	—	5280	1760	1

Area

From/To	cm^2	m^2	km^2	$in.^2$	ft^2	yd^2	Acre	$Mile^2$
cm^2	1	0.0001	—	0.155	0.001076	0.0001196	—	—
m^2	10,000	1	0.000001	1550	10.7639	1.19599	0.0002471	—
km^2	—	1,000,000	1	—	—	—	247.105	0.386102
ha	—	10,000	0.01	—	—	—	2.47105	—
$in.^2$	6.4516	0.000645	—	1	0.006944	0.000772	—	—
f^2	929,03	0.092903	—	144	1	0.111111	0.000023	—
yd^2	8361.27	0.836127	—	1296	9	1	0.0002066	—
Acre	—	4046.86	0.004047	6,272,640	43,560	4840	1	0.001562
$Mile^2$	—	—	2.589987	—	—	—	640	1

Mass

From/To	kg	Ton	lb	U.K. cwt.	U.K. Ton	U.S. cwt.	U.S. Ton
kg	1	0.001	2.20462	0.019684	0.000984	0.022046	0.001102
Ton	1000	1	2204.62	19.6841	0.984207	22.0462	1.10231
lb	0.453592	0.000454	1	0.008929	0.000446	0.01	0.0005
U.K. cwt	50.8023	0.050802	112	1	0.05	1.12	0.056
U.K. ton	1016.05	1.01605	2240	20	1	22.4	1.12
U.S. cwt.	45.3592	0.045359	100	0.892857	0.044643	1	0.03
U.S. ton	907.185	0.907185	2000	17.8517	0.892857	20	1

Volume and Capacity

From/ To	cm^3	m^3	Liter (dm^3)	ft^3	yd^3	U.K. Pint	U.K. gal	U.S. Pint	U.S. gal
cm^3	1	—	0.001	0.00004	—	0.00176	0.00022	0.00211	0.00026
m^3	—	1	1000	35.3147	1.30795	1759.75	219.969	2113.38	264.172
liter	1000	0.001	1	0.03532	0.00131	1.75975	0.21997	2.11338	0.26417
ft^3	28,316.8	0.02832	28.3168	1	0.03704	49.8307	6.22883	59.8442	7.48052
yd^3	764,555	0.76456	764.555	27	1	1345.43	168.178	1615.79	201.974
U.K. pint	568.261	0.00057	0.56826	0.02007	0.00074	1	0.125	1.20095	0.15012
U.K. gal	4546.09	0.00455	4.54609	0.16054	0.00595	8	1	9.6076	1.20095
U.S. pint	473.176	0.00047	0.47318	0.01671	0.00062	0.83267	0.10408	1	0.125
U.S. gal	3785.41	0.00379	3.78541	0.13368	0.00495	6.66139	0.83267	8	1

Pressure

From/To	Atmos	mm Hg	m bar	Bar	Pascal	In H_20	In Hg	psi
Atmos	1	760	1013.25	1.0132	101,325	406.781	29.9213	14.6959
Mm Hg	0.0013158	1	1.33322	0.001333	133.322	0.53524	0.03937	0.019337
M bar	0.0009869	0.75006	1	0.001	100	0.401463	0.02953	0.014504
Bar	0.9869	750.062	1000	1	100,000	401.463	29.53	14.504
Pascal	0.0000099	0.007501	0.01	0.00001	1	0.004015	0.0002953	0.000145
In H_20	0.0024583	1.86832	2.49089	0.002491	249.089	1	0.0736	0.03613
In Hg	0.033421	25.4	33.8639	0.0338639	3386.39	13.5951	1	0.491154
psi	0.068046	51.7149	68.9476	0.068948	6894.76	27.6799	2.03602	1

Volume Rate of Flow

From/To	L/h	m^3/sec	m^3/h	ft^3/h	U.K. gal/m	U.K. gal/h	U.S. gal/m	U.S. gal/h
L/sec)	3600	0.001	3.6	127.133	13.198	791.888	15.8503	951.019
L/h	1	—	0.001	0.03535	0.003666	0219979	0.00440	0.264172
m^3/sec	3,600,000	1	3600	127,133	13198.1	791,889	15,850.3	951,019
m^3/h	1000	0.000278	1	35.3147	3.66615	219.969	4.40286	264.1718
ft^3/h	28.3168	—	0.028317	1	0.103814	6.22883	0.12468	7.480517
U.K. gal/m	272.766	0.000076	0.272766	9.63262	1	60	1.20095	72.057
U.K. gal/h	4.54609	—	0.004546	0.160544	0.016667	1	0.02002	1.20095
U.S. gal/m	227.125	0.000063	0.227125	8.020832	0.832674	49.96045	1	60
U.S. gal/h	3.785411	—	0.003785	0.133681	0.013368	0.83267	0.016667	1

Power

From/To	Btu/h	W	kcal/h	kW
Btu/h	1	0.293071	0.251996	0.000293
W	3.41214	1	0.859845	0.001
kcal/h	3.96832	1.163	1	0.001163
kW	3412.14	1000	859.845	1

Energy

From/To	Btu	Therm	J	kJ	Cal
Btu	1	0.00001	1055.06	1.055	251.996
Therm	100,000	1	—	105,500	25199600
J	0.00094	—	1	0.001	2388
kJ	0.9478	0.000009478	1000	1	238.85
Cal	0.0039683	0.0039683×10^{-5}	4.1868	—	1

Specific Heat

From/To	Btu/lb°F	J/kg °C
Btu/lb °F	1	4186.8
J/kg °C	0.00023	1

تمارين

1. Set up dimensional equations and determine the appropriate conversion factor to use for each of the following:
   a. $ft^2/h = (mm^2/s) \times$ conversion factor
   b. Hundredweight/acre = kg/ha × conversion factor
   c. $BTU/ft^3\ ^\circ F = kJ/m^3K \times$ conversion factor

2. Make the following conversions, using standard values for the relationship of length and mass units.
   a. 23 miles/hr to m/s
   b. 35 gal/min to m^3/s
   c. 35 lb/in^2 to kg/m^2
   d. 65 lb/in^2 to bar
   e. 8500 ft-lb_f to joules and to kilowatt-hours
   f. 10 kW to ft lb_f/sec and to horsepower

رحمان الحلفي