الجامعة السورية الخاصة

مقرر الكيمياء الفيزيائية

PT 2105

لطلاب الهندسة البترولية

Phys.chem.lecture-1

لماذا ندرس علم الكيمياء الفيزيائية ؟؟؟

- لأن علم الكيمياء الفيزيائية اختصاص في الكيمياء والهندسة الكيميائية بشكل عام.
- يهتم هذا العلم بالظواهر الفيزياكيميائية في المواد والمُركبات.
- يسلط الضوء على عالم الصغائر ونعني به عالم الذرات والجزيئات.
- يدرس علاقة الجسيمات (الذرات والجزيئات) مع بعضها البعض ويبحث في المؤثرات الخارجية التي تحدد سلوك هذه الجسيمات وردود افعالها تجاه المؤثرات الخارجية.
- يبحث ويستنبط العلاقات الرياضية التي تحكم علاقتها ببعضها البعض، وردود أفعالها فيتنبأ :
  - بسلوكها ويحسب الأعمال والأفعال الميكانيكية والحرارية التي تنتج عنها مثل : قياس وحساب الحرارة المتولدة عن تفاعل ما، أو الضغط، أو العمل الميكانيكي، أو الشكل الهندسي أو البلوري للمنظومة، أو حساب سرعة التفاعل.
  - تطبيق هذه المفاهيم الأساسية على الواقع وبناء آلات وأجهزة تساهم في التطور التقني والبيئي لتجعل حياة الانسان اسهل وافضل وأكثر حيوية.

مفاهيم أساسية

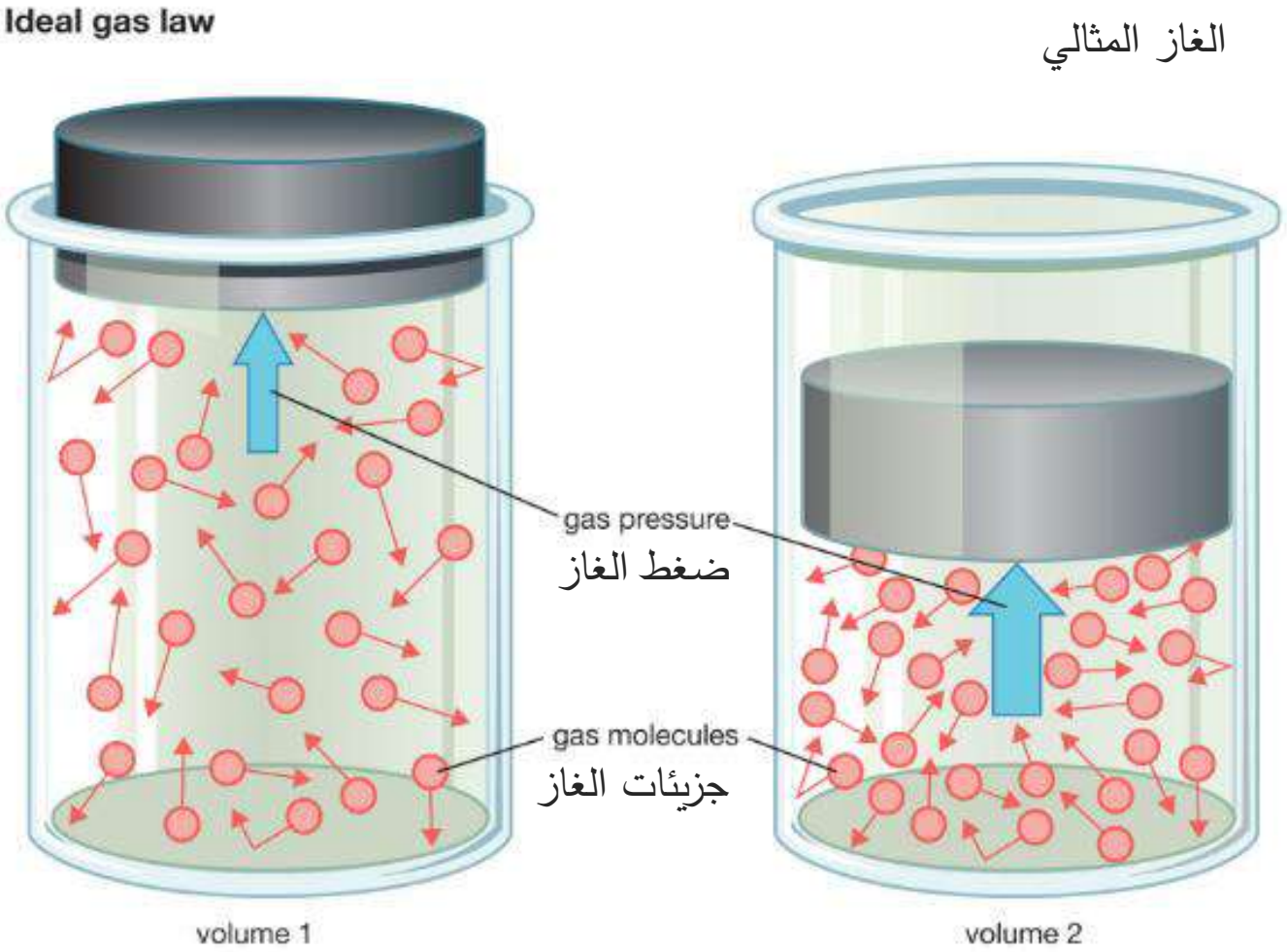
نعرّف في هذا الفصل المفاهيم الأساسية في الكيمياء الفيزيائية بشكل علمي دقيق وذلك لنتفاهم على لغة التخاطب فيسهل علينا فهم ما سندرسه من الموضوعات القادمة .

- سنفصل في دراسة الغازات **المثالية والحقيقة** لأنها ذات أهمية بالنسبة لطالب الهندسة البترولية ولأن المنظومات التي سنتعامل معها ليست مثالية دائماً ولأن كثيراً من التحولات والتفاعلات الصناعية تتم في الطور السائل والطور الغازي (بخار) .
- إن واحدات القياس مهمة جداً ومن الضروري فهمها واتقان استخدامها في معالجة الكثير من المسائل ولا غنى للمهندس عنها. وسنبين أهم واحدات القياس المستخدمة دولياً ومشتقاتها.

٢- الكيمياء وعالم الصغائر:

- معروف أن المادة تتألف من عدد كبير من الجُسيمات التي تدعى (جزيئات) ولكل منها سلوكه، وفي كل لحظة يكون لكل منها موضع معين وقيمة ما للسرعة والطاقة.
- تتصادم الجزيئات مع بعضها البعض ومع جدار الوعاء الذي يحويها فتسبب ما نلاحظه من ضغط الغاز مثلاً، ويكفي توصيل مقياس ضغط مع الوعاء لنعرف مقدار الضغط الذي تساهم فيه كل الجزيئات أو الجسيمات.
- إن هذه الجسيمات في الحالة الغازية مثلاً لا تقوم بممارسة الضغط على جدران الوعاء الذي يحويها فقط بل تقوم أيضاً بتلقي الطاقة من الخارج واختزانها في بنيتها (حسب النظرية الحركية) أو تحويلها مباشرة الى عمل ما .

من يسبب الضغط في الغازات– (Gas Pressure) ؟؟؟



٤- المقاييس والأبعاد:

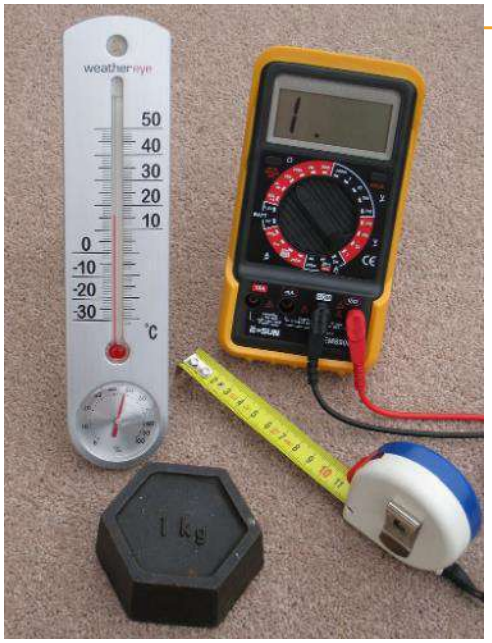
- اعتمد المؤتمر الدولي للأوزان عام ١٩٦٠ **SI** (international Standard) الجملة المكثية (م كغ ثا) ، (m .Kg. s) في المقاييس، أي المتر m للطول، والكياوغرام Kg للوزن، والثانية s للزمن، وسلم كلفن K لقياس درجة الحرارة ، والآمبير A لقياس شدة التيار، والشمعة cd لقياس شدة الإضاءة ، والمول mol لقياس كمية المادة الجدول(١).
- وتوجد مقادير ثانوية (مشتقة) منها هي السرعة V والطاقة E والحجم V .

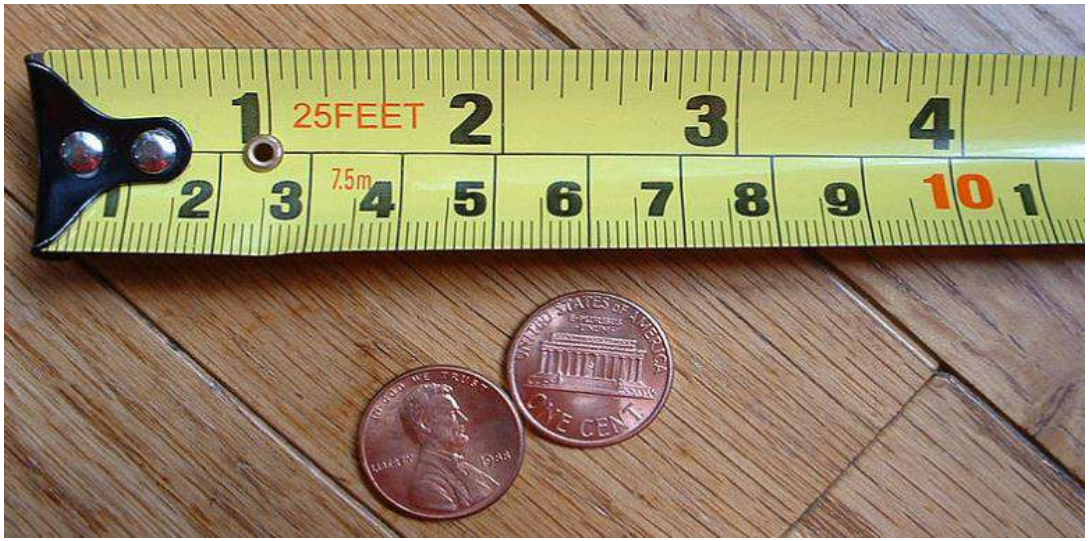
- كما تُشتق منها واحدات ما يسمى بالجملة السغثية (c g s) أي الطول بالسنتمر cm والكتلة بالغرام g والزمن بالثانية s .

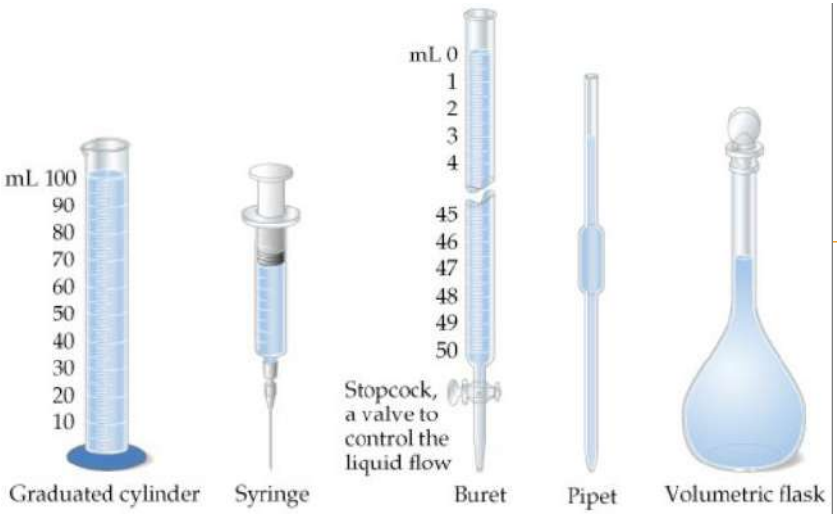
الجدول (١) : واحدات القياس الأساسية في النظام الدولي SI

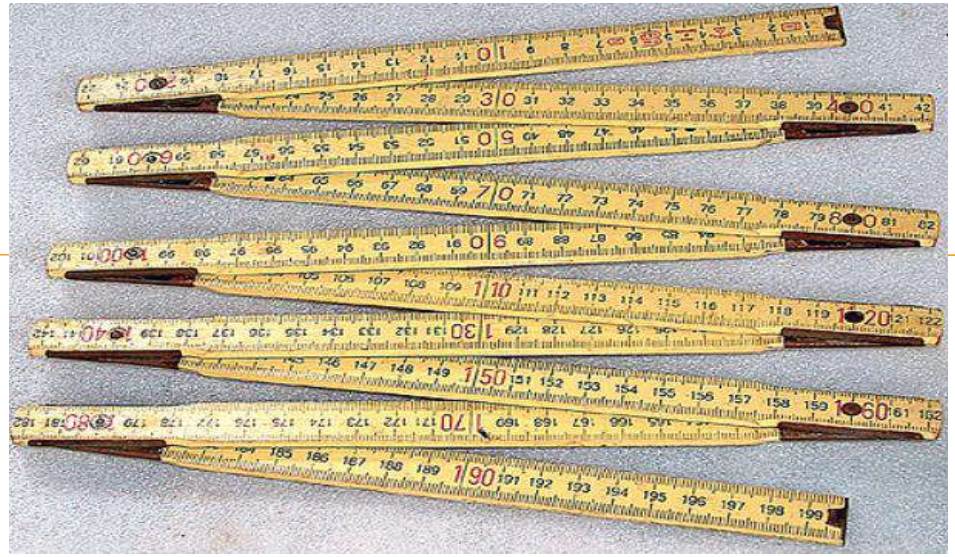
Quantity الكمية		الوحدة Unit	الرمز Symbol
Length	الطول	Meter	M
Mass	الكتلة	Kilogram	Kg
Time	الزمن	Second	s
Electric current	التيار الكهربائي	Ampere	A
Temperature	درجة الحرارة	Kelvin	K
Amount of substance	كمية المادة	Mole	mol
Luminous intensity	شدة الضوء	Candela	cd

وسائل (أدوات) القياس









- كما توجد واحدات أخرى شائعة الاستعمال للضغط مثل جو (atm) و البار bar ($1\ bar = 1.013\ atm. = 10^5\ Pa$) ، الخ ... و على الطالب تعلم كيفية التحويل بين الواحدات وإتقان ذلك لكثرة ما يستخدمه المهندس من واحدات في القياس.
- **الطـــول :** Length

حدد النظام الدولي المتر واحدة للطول والجدول(٢) يوضح معاملات التحويل و من هذه الواحدة تُشتق واحدة المساحة و الحجم، و ما زالت بعض البلدان تستخدم واحدات الطول المعروفة البوصة (in) و الياردة (yd) ، والميل (mile) الى يومنا هذا.

- **الحجم (Volume)** : الحجم هو ناتج ضرب الطول L بنفسه في الأبعاد الثلاثة (L^3) ، وواحدة الحجم في النظام الدولي SI هي المتر المكعب و أجزاؤه.

$$1\ L = 1000\ ml \quad ; \quad 1L = 1\ dm^3$$

$$1\ dm^3 = (10\ cm)^3 = 1000\ \ cm^3 = 1000\ \ cc$$

- الجداول (٣ و٤ و ٥) توضح واحدات القياس ومضاعفاتها و أجزاؤها، ومعاملات التحويل في النظام الدولي SI .

- **الكتلة والوزن** : الوزن يساوي الى الكتلة مضروبة بتسارع الجاذبية الأرضية أي أن ($w = m \cdot g$) ، وغالباً ما يستخدم مصطلح الكتلة بمعنى الوزن وذلك لثبات تسارع الجاذبية الأرضية في مكان القياس.
- يتغير تسارع الجاذبية الأرضية من ($g= 9.807\ m/s^2$) عند سطح البحر إلى ($g= 9.745\ m/s^2$) عند ارتفاع 2000 m .
- ويمكن اعتبار تسارع الجاذبية الأرضية ثابتاً في معظم التطبيقات العملية عند القيمة ($g= 9.807\ m/s^2$).

- لا تتغير كتلة الجسم أينما كانت في هذا العالم، أما وزنها فيتغير بتغير قيمة الجاذبية (w = m.g)، إذ يقل وزن الجسم مثلاً في أعالي الجبال لأن g تتناقص مع الارتفاع.
- مثلاً يزن الانسان على سطح القمر سدس (1/6) وزنه على الأرض.
- يقاس العمل (وهو القوة المطبقة x المسافة) بمقياس نيوتن متر وهو ما يعرف بالجول ، أي (1 J = 1 N m) .
- وبما أن الجول مقدار صغير نسبياً في مقياس الطاقة فلذلك تستخدم مضاعفاته وهي الكيلو جول (1 KJ =1000 J)

.

- **الواحدات الأساسية في النظام الدولي SI هي الجملة المكثية:**

(m, Kg, s) ، ومنها تقاس القوة والضغط والطاقة وفق الآتي :

- **النيوتن (N)** : $(N = kg\,.\,m/s^2)$

هو واحدة القوة التي اذا طبقت على كتلة مقدارها 1 Kg أكسبتها تسارعا مقدار $(1\ m/s^2)$.

- **والباسكال (pa) : هو واحدة الضغط** وهو القوة المطبقة على واحدة السطوح (P = F/S) :

$$Pa = \frac{N}{m^2} = \frac{kg\,.m/s^2}{m^2} = kg\,/m.s^2$$

- **والجول (J) : هو واحدة الطاقة** : يعرّف الجول بأنه الطاقة الناجمة عن تأثير قوة مقدارها 1 N في كتلة مقدارها 1 Kg لتكسبها تسارعاً مقداره ($1\ m/s^2$):

$$\left(J = N\,.\,m\ = \frac{kg.\,m}{s^2}\ .\,m = \ \frac{kg.m^2}{s^2}\right)$$

- أما في **الجملة السغثية (c . g .s)** : فتقاس القوة بالداين $\left(F = \frac{g\ .\,cm}{s^2}\right)\ dyn$ والضغط (داين /سم٢):

$$\left(P = \frac{\boldsymbol{F}}{\boldsymbol{cm^2}}\ = \frac{\frac{\boldsymbol{g.cm}}{\boldsymbol{s^2}}}{\boldsymbol{cm^2}} = g/cm.s^2\right)$$

و الطاقة بالارج (ارغه) : $(1\ erg\ = g\,.cm^2/s^2)$ الخ....

الجدول(٢)
ملخص لبعض مشتقات واحدات القياس في الجملة الدولية
(SI Units and derivatives)

المقدار	الواحدة (SI)				الواحدة (c g s)		
القوة	N	Kg m/s2	Newton	نيوتن	dyn	g cm/s2	داين
الضغط	Pa	N/m2	Kg/m s2	باسكال	P	dyn/cm2	الضغط
الطاقة	J	N m	Kg m2/s2	جول	erg	g cm2/s2	إرغه

- وما زالت تستخدم في بعض البلدان واحدات شائعة مثل الغالون (1 gal =3,7854 L) ، القدم (ft) الخ....

1 lb =0.45359 (الرطل)	Kg
1 ft = 0.3048 (القدم)	m
1 Kg = 9.807 (الكيلو)	N
1 Btu = 1.055	KJ

الجدول (٣) : مضاعفات واحدات القياس و أجزاؤها في النظام الدولي SI .

Prefix	Pronunciation	Symbol	Multiplication Factor[a]
exa	*Texaco*	E	$1,000,000,000,000,000,000 = 10^{18}$
peta	*petal*	P	$1,000,000,000,000,000 = 10^{15}$
tera	*terrace*	T	$1,000,000,000,000 = 10^{12}$
giga	*gig* as in *giggle*; *a* as in above	g	$1,000,000,000 = 10^{9}$
mega	*mega*phone	M	$1,000,000 = 10^{6}$
kilo	kill-o (*o* as in *over*)	k	$1000 = 10^{3}$
hecto	heck-to (*to* as in *total*)	h	$100 = 10^{2}$
deka	deck-a (as in above)	da	$10 = 10^{1}$
deci	*deci*mal	d	$0.1 = 10^{-1}$
centi	*centi*grade	c	$0.01 = 10^{-2}$
milli	*mili*tant	m	$0.001 = 10^{-3}$
micro	*micro*phone	μ	$0.000\,001 = 10^{-6}$
nano	nan-oh (*a* as in nanny goat)	n	$0.000\,000\,001 = 10^{-9}$
pico	peek-oh	p	$0.000\,000\,000\,001 = 10^{-12}$
femto	fem-toe (*fem* as in *feminine*)	f	$0.000\,000\,000\,000\,001 = 10^{-15}$
atto	*atomize*	a	$0.000\,000\,000\,000\,000\,001 = 10^{-18}$

الجدول (٤) : بعض معاملات التحويل المفيدة في واحدات القياس المختلفة .

1 m = 39.370 in.	1 kg = 2.2046 lb (avoirdupois)
1 in. = 2.54 cm (exact)	1 lb (avoirdupois) = 453.59 g
1 angstrom (Å) = 1×10^{-10} m (exact)	1 oz (avoirdupois) = 28.350 g
1 km = 0.62137 mi	1 atm = 1.01325×10^{5} Pa (exact)
1 m^3 = 1,000 L (exact)	1 atm = 760 mmHg (exact)
1 m^3 = 264.17 gal	1 mmHg = 133.32 Pa
1 m^3 = 35.315 ft^3	1 atm = 14.696 psi
1 dm^3 = 1 L (exact)	1 J = 10^7 ergs (exact)
1 L = 1.0567 qt (U.S.)	1 J = 0.23901 cal
1 gal (U.S.) = 3.7854 L	1 J = 2.7777×10^{-7} kW · hr
1 ft^3 = 28.316 L	1 eV = 1.6022×10^{-19} J
1 mL = 1 cm^3 (exact)	1 eV = 3.8293×10^{-20} cal
1 mL = 0.061024 $in.^3$	1 cal = 4.184 J (exact)
1 $in.^3$ = 16.387 mL	1 Btu = 1054.3 J
Δ1 °C = Δ1.8 °F (exact)	1 Btu = 251.98 cal

- قائمة مختصرة لأهم مضاعفات الواحدات المعيارية الأكثر استخداماً و **(على الطالب حفظها)**

الواحدة المعيارية	مضاعفات
tetra , T	10^{12}
giga , G	10^{9}
mega , M	10^{6}
kilo , k	10^{3}
centi , c	10^{-2}
mili , m	10^{-3}
micro , μ	10^{-6}
nano , n	10^{-9}
pico , p	10^{-12}

- **تجانس الواحدات :**
- كلنا يعلم أنه لا يمكن جمع مقادير غير متجانسة مع بعضها، مثلاً لا يمكن جمع الطول مع الوزن، ولا بد أن تكون الواحدات المستخدمة متجانسة.
- يهمل بعض الطلاب واحدات المقادير المستخدمة أثناء حل أي مسألة ويتعاملون معها كأرقام مجردة ، وهذا يؤدي أحياناً إلى حلول غير صحيحة.
- غالباً ما يخطىء الطلاب في مسألة تجانس الواحدات، وإن استخدام الواحدات وتجانسها غالباً ما يعطيك حلولاً صحيحة ويكشف لك الخطأ المحتمل أثناء حل أية مسألة.

- **مثـــــال (١) :**
- خزان حجمه ($V = 2\ m^3$) يُملأ بزيت كثافته ($d = 850\ Kg/m^3$) .

أحسب مقدار كتلة (وزن) الزيت في الخزان ؟ .

- **الحل :** نفكر بأن الجواب يجب أن يكون بالكيلو غرام ، فإذا تذكرنا العلاقة التي تربط بين الكتلة (الوزن) والحجم فهي الكثافة : ($d = m / V$) ومنـــها نـــــجد أن الكتلة m تســـــاوي ($m = d . V$) .

وبتطبيق هذه العلاقة يتم حذف المقدار m^3 ، وهكذا نجد :

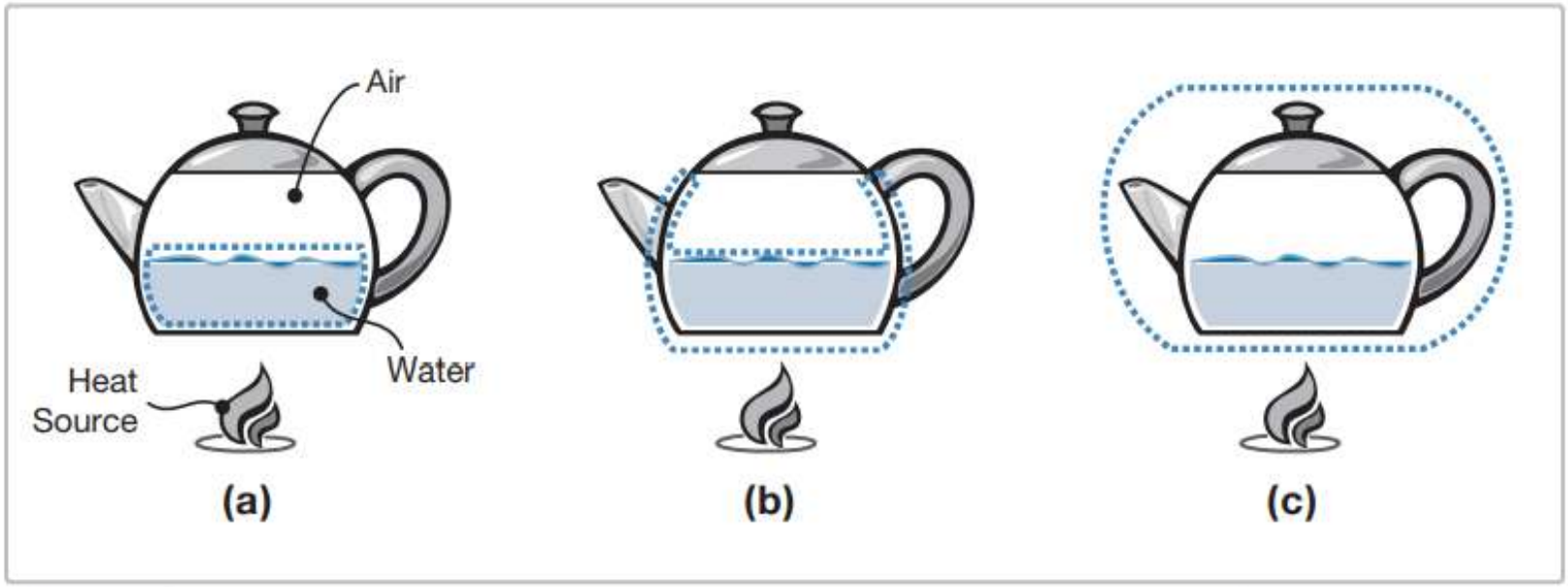
- $m = (850\ Kg/m^3) . (2\ m^3) = 1700\ Kg$

١- تعاريـف

١-١- الجملة أو المنظومة *(System)* :

- هـي جملـة أو منظومـة ترموديناميكيـة تشكل جـزءاً مـن الحيـز الفيزيـائي الخاضـع للدراسة والمُحدد بشكل جيد (فيزيائياً أو تخيليا) داخل سطح أو عدة سطوح مغلقة تضم في داخلها الوسط أو المادة الخاضعة للتحولات الترموديناميكية.
- ويحدد وضعها أو يمكن توصيفها باستخدام عدد من المتحولات مثل : درجة الحرارة T والضغط P والحجم V والتركيز C و .... الخ ، ونذكر كأمثلة :
  - كمية من الماء موضوعة في كأس زجاجي، فالماء هنا هو الجملة الموصوفة أعلاه.
  - غازالهيدروجين الموضوع في اسطوانة معدنية مغلقة هو مثال لهذه المنظومة أيضاً.

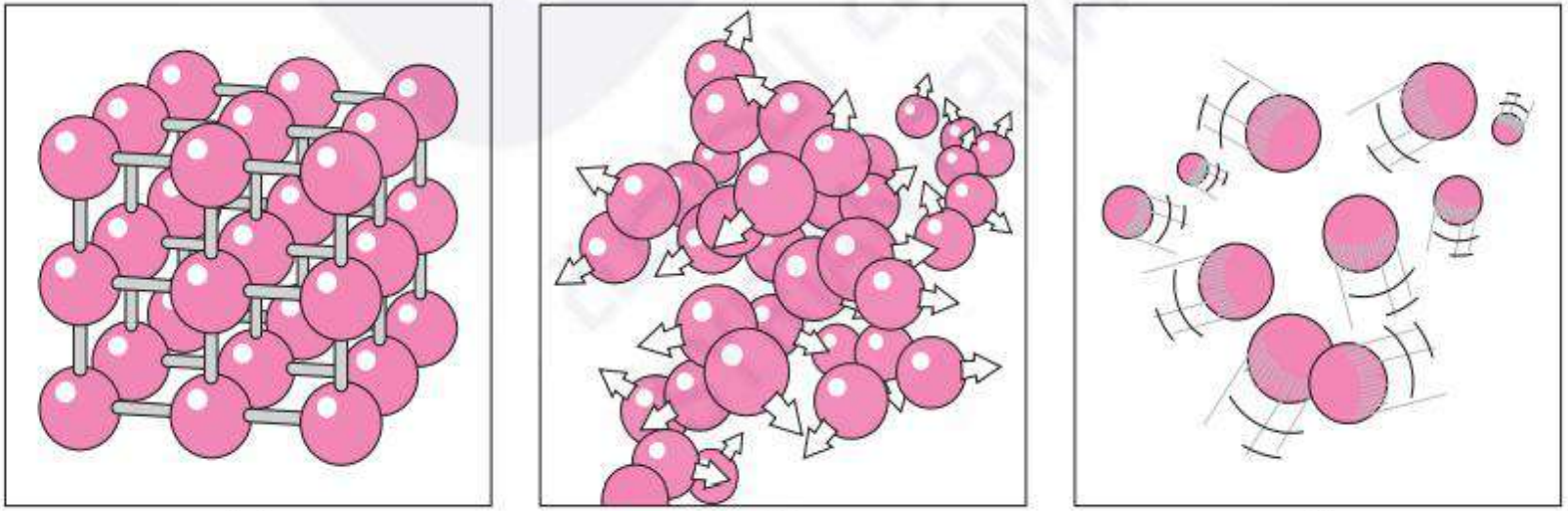
- ماء موضوع داخل ابريق الشاي مثلاً.



Examples of how the choice of the thermodynamic system changes the problem to be analyzed: (a) the system as only the water, (b) the system as the water and kettle, and (c) the system as the kettle, its contents, and its immediate surroundings.

(a) الماء فقط هو المنظومة المعنية بالدراسة.
(b) الماء والابريق هو المنظومة المعنية بالدراسة.
(c) الابريق ومحتوياته والوسط المحيط هو المنظومة المعنية بالدراسة.

١-٢- **حالات المادة :** صلبه – سائلة – غازية (تصور فراغي)



a) الجزيئات في الحالة الصلبة ثابتة نسبياً في مواقعها.
b) مجموعات من الجزيئات في الحالة السائلة مع وحول بعضها البعض.
c) الجزيئات في الحالة الغازية تتحرك مع وحول بعضها البعض بحركة عشوائية.

١-٣- تقسم المنظومات إلى:

آ- ***بسيطة (Simple)*** : إذا حوت مادة نقية مثل : الماء المقطر غاز الهيدروجين أو أي غاز نقي آخر.

ب- ***معقدة (Complex)*** : إذا حوت على مركبات كثيرة مثل : ماء البحر أو قطفة من مادة هيدروكربونية، أو الهواء .

ج- ***مثالية (Ideal)*** : عندما يكون وجودها افتراضياً لا يمكن تحقيقه بل يمكن الاقتراب منه عند شروط محددة.

د- ***حقيقية (Real)*** : عندما تخضع للقوانين التجريبية.

هـ- ***متجانسة (Homogenous)*** : إذا خلت من السطوح الفاصلة بين أجزائها المختلفة أي إذا حوت طوراً واحداً وتتميز بأن قيم متحولاتها ثابتة عبر كل أجزائها.

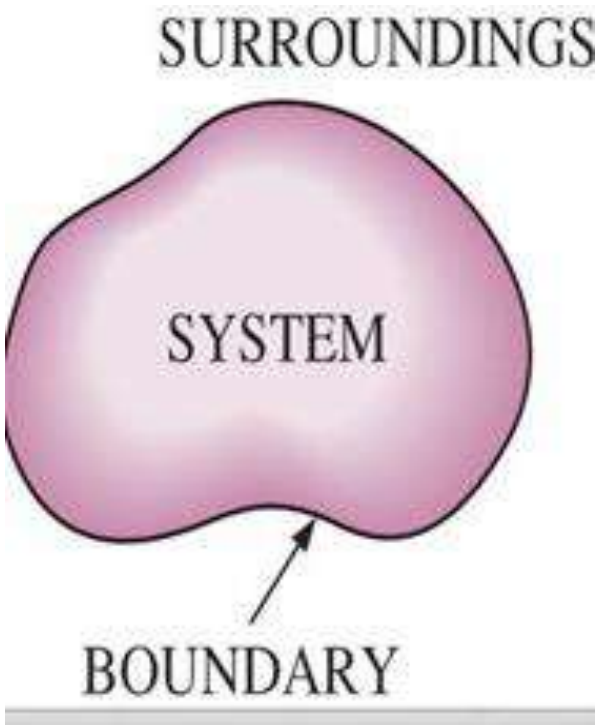
و- ***غير متجانسة (Heterogenous)*** : إذا حوت سطوح فصل بين أجزائها **أي إذا حوت أكثر من طور** وتتميز بأن خواصها تتغير فجأة ، مثال: (زيت + ماء)، (ماء + ثلج)، (بنزن + ماء).

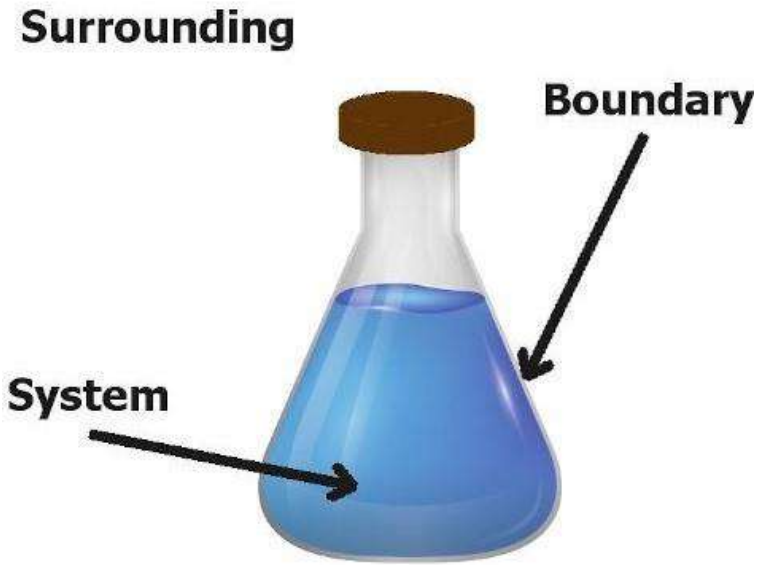
ملاحظات :

- إن المنظومة (الجملة) **الغازية *متجانسة دوماً*** سواء أكانت بسيطة أم معقدة لأن للغازات قابلية **للامتزاج بكل النسب.**
- تُعد المنظومة الصلبة متجانسة إذا كانت تحوي مكون واحد فقط، وتُعد غير متجانسة إذا حوت أكثر من مكون.
- تُعد المنظومة السائلة متجانسة أو غير متجانسة وذلك وفق قابلية السوائل للامتزاج أو عدم قابليتها للامتزاج.

١ – ٤ – الوسط المحيط *(Surrounding)* :

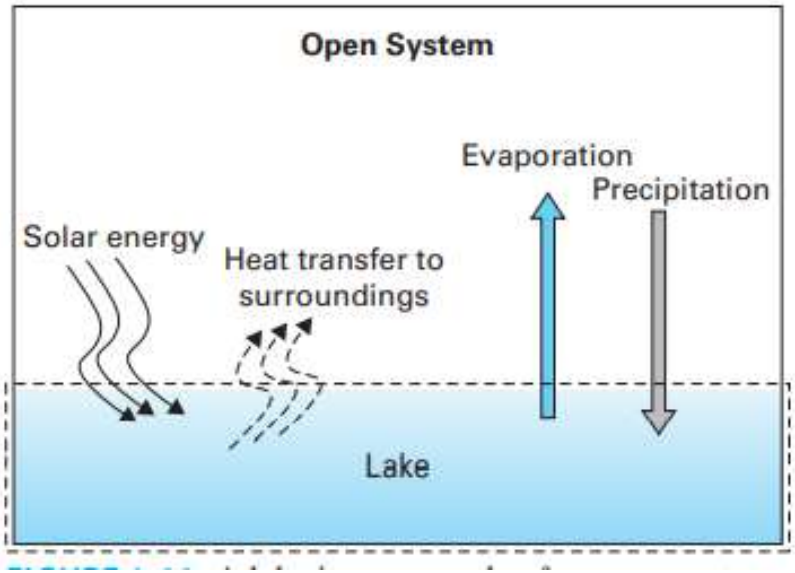
إنه الأجزاء من الفراغ أو المنظومات الأخرى المحيطة بالمنظومة المدروسة (System) والتي لها حدود فصل (Boundary) ويمكن أن **تتبادل معها المادة والطاقة.**





١-٥- تصنيف المنظومات :

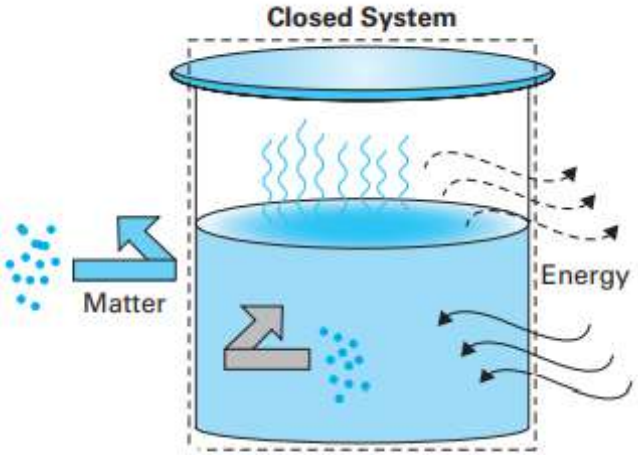
١- **منظومة مفتوحة *(Open system)*** : وهي التي تستطيع تبادل **المادة والطاقة** مع الوسط المحيط : مثال : كأس يحوي ماء مالح فإن التبخر البطيء للماء يغير طاقة المنظومة وكتلتها، وكذلك ماء البحيرة فهي تتبادل المادة (بخار-سائل) والطاقة (تسخين-تبريد).



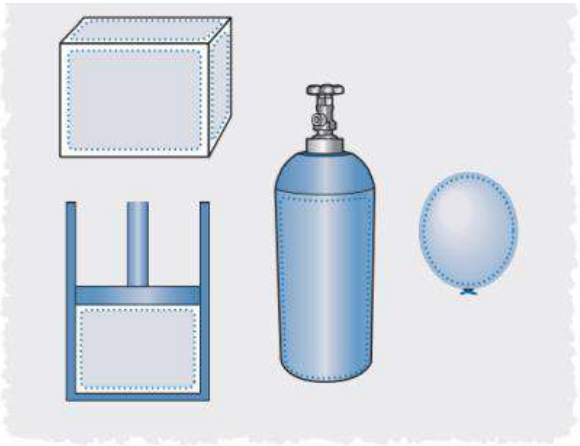
٢- منظومة مغلقة *(Closed system)* :

وهي التي تسمح **بتبادل الطاقة فقط** مع الوسط المحيط دون المادة (أي لا تسمح بتبادل المادة).

مثال : غاز موضوع في اسطوانة مغلقة (أسطوانة الغاز المنزلي المعدنية)، وهي لا يتم فيها أي تحول كيميائي (تفاعل) أي أن التحولات ذات طبيعة فيزيائية، وعلبة المشروبات الغازية، فهي تتبادل الطاقة (الحرارة) فقط مع الوسط المحيط ولا تتبادل المادة .

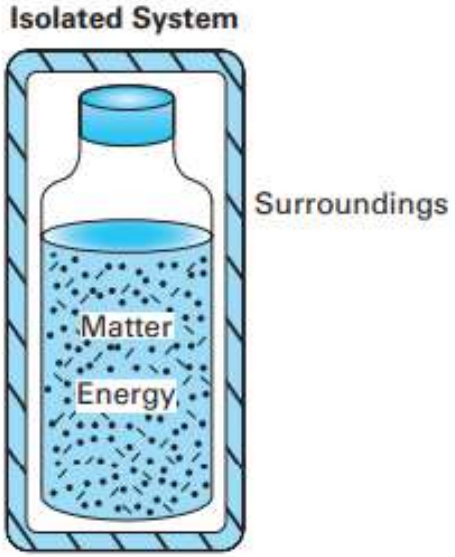


A sealed can that has no insulation is an example of a closed system.

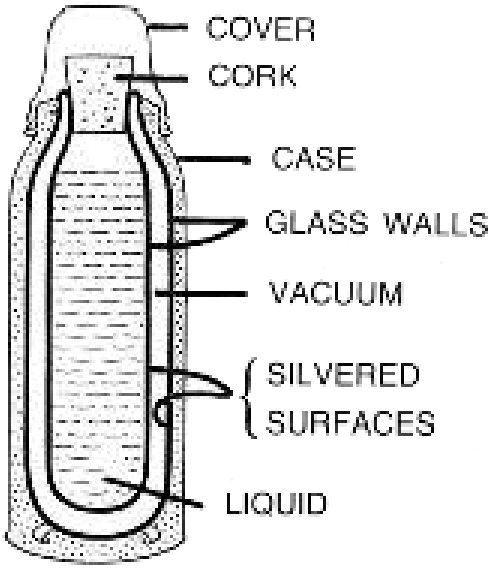

Examples of closed systems: a solid block of metal, the gas inside a tank, the air inside a balloon, and the gas in a piston–cylinder device.

٣ – **منظومة معزولة *(Isolated system)*** : وهي التي لا تتبادل مع الوسط المحيط **الطاقة أو المادة** ومثال ذلك : كمية من مادة ما داخل وعاء ديوار (الترمس).

A cutaway diagram of an insulated bottle containing coffee and air, with the system being only the coffee.



A schematic of an isolated system.



٣ – ملخص تعريف المنظومات الترموديناميكية :

Thermodynamic System

Open system	Closed system	Isolated system
Mass transfer (yes)	Mass transfer (yes)	Mass transfer (No)
Heat transfer (yes)	Heat transfer (No)	Heat transfer (No)

- ١-٦- **الطور** ***(phase)*** : هو حالة المادة الموجودة في منظومة متجانسة (صلبة أو سائلة أو غازية) وهو **متماثل في التركيب** والخصائص الفيزيائية والكيميائية عبر كل أجزائه ومفصول عن باقي أجزاء المنظومة **بسطوح فصل**.

مثال :

- ماء سائل موضوع في كأس زجاجي.
- ماء سائل تطفو على سطحه قطع ثلج في حوض أو كاس و يشكل جزءاً من منظومة غير متجانسة.

- نقول عن الماء الموجود في الكأس بأنه يشكل طوراً سائلاً كما نقول عن قطع الثلج الصلبة بأنها تشكل طوراً صلباً.

١-٧- مقادير الحالة *(State properties)*:

تتحدد حالة المنظومة بدءاً من قيم بعض المقادير الفيزيائية والكيميائية التي تسمى مقادير الحالة مثل:

$$(P, T, V, m, d, H, U , \vec{V}, \vec{F}, \vec{g})$$

حيث :

P= الضغط.

T= درجة الحرارة (سلم كلفن).

V= الحجم.

m= الكتلة (الوزن).

d= الكثافة.

H= الانتالبية

U = الطاقة الداخلية.

$\vec{V}, \vec{F}, \vec{g})$: السرعة ، القوة ، التسارع

وتسمى مقادير ترموديناميكية عند استخدامها في تحديد الحالة الترموديناميكية للمنظومة، وهي تقسم إلى :

- ***سُلميّة:*** تقاس بأعداد سلمية مثل : درجة الحرارة والكثافة والحجم والطاقة ... الخ.
- ***متجهة :*** مثل السرعة والقوّة والتسارع.

إن المقادير السلمية نوعان :

آ- **مقادير سعويّة *(Extensive properties)*:** هي مقادير تتناسب قيمتها مع **كمية المادة** في المنظومة ومع **حجم المنظومة** وتخضع **لقواعد الجمع** الجبري مثل : الكتلة m - الحجم V - الانتالبية H (المحتوى الحراري) – الطاقة الداخلية U .

مثـــال : إذا ضـــاعفنا كتلـــة المنظومـــة فـــإن بعـــض المقـــادير الترموديناميكية الأخرى تتضاعف كذلك .

ب- مقـادير شـديّة *(Intensive properties)* : هـي مقـادير **مسـتقلة** عن **كميـة المـادة** فـي المنظومـة وعن حجم المنظومـة وهـي **لا تخضـع** لقواعد الجمع الجبري بل تأخذ قيمة واحدة عند شروط محددة.

مثل : درجة الغليان- درجة الانصهار- الكثافة - ضغط البخار- اللزوجـة - الكمـون الكيميـائي- الخـواص الجزيئيـة (الحجـم المولي ، السعة الحرارية الجزيئية .. الخ) . أي أنها **لا تتعلـق بكمية المادة.**

ج- عندما نقسم ***مقداراً سعوياً*** *على الكتلة فإننا نحصل على* ***مقدار شدي*** .

مثال : قسّم الحجم على وحدة الكتلة (مقلوب الكثافة) تحصل على مقدار شدي .

وفي الكيمياء نقسم عادة على (عدد المولات أو الجزيئات أو عدد أفوغادرو ..... ($V_m = V/n$).

$$P\,V = n\,RT \quad \leftrightarrow \quad P\,V_m = RT$$

حيث V_m هو الحجم المولي وهو **مقدار شدي مثله مثل الكثافة** وسنعتمد هذا المصطلح في الدراسات اللاحقة.

١-٨- **التحولات وأنواعها** : ونقصد بها التحولات الترموديناميكية (أي الفيزيائية) التي لا يرافقها حدوث تفاعل كيميائي عادة ، وهي تنقل المنظومة من حالة أولى عند شروط محددة إلى حالة ثانية عند شروط محددة أخرى ومن أهمها :

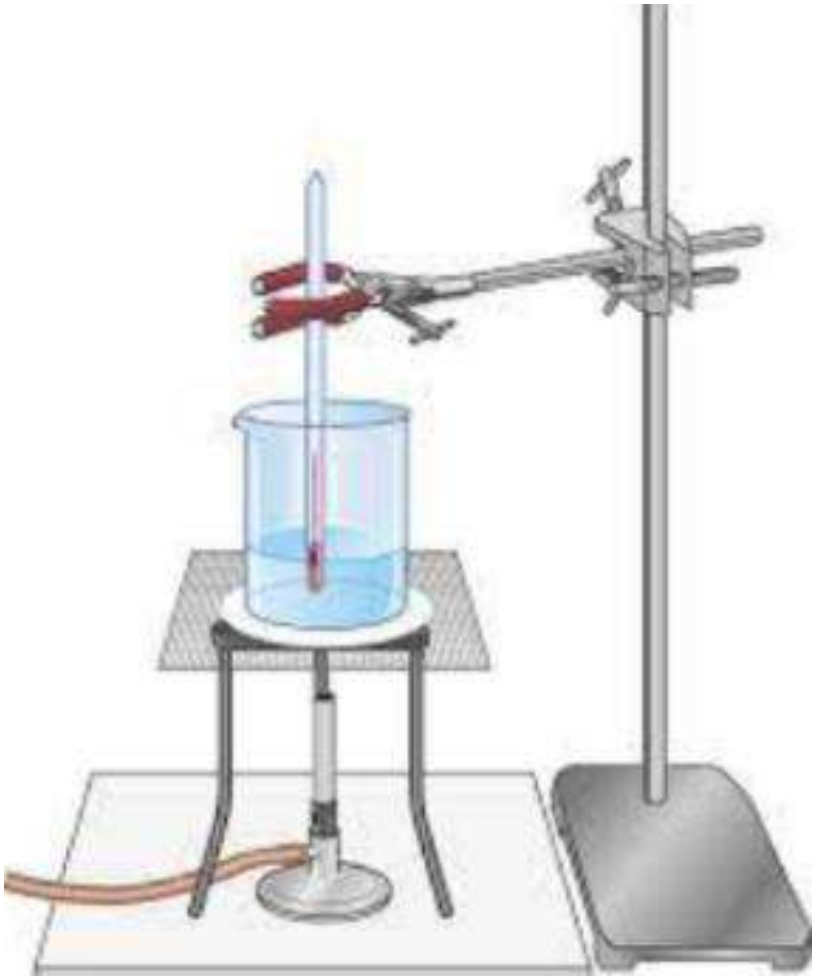
١- تحول متساوي الدرجة *(Isothermal process)*:

هو تحول يتم عند درجة ثابتة من الحرارة عبر أجزاء المنظومة كافة، ومثل ذلك لا يتم إلا إذا أحيطت المنظومة بخزان حراري يؤمن تدفق الحرارة اللازم من وإلى المنظومة كي يحافظ على قيمة ثابتة لها .

أمثلة :

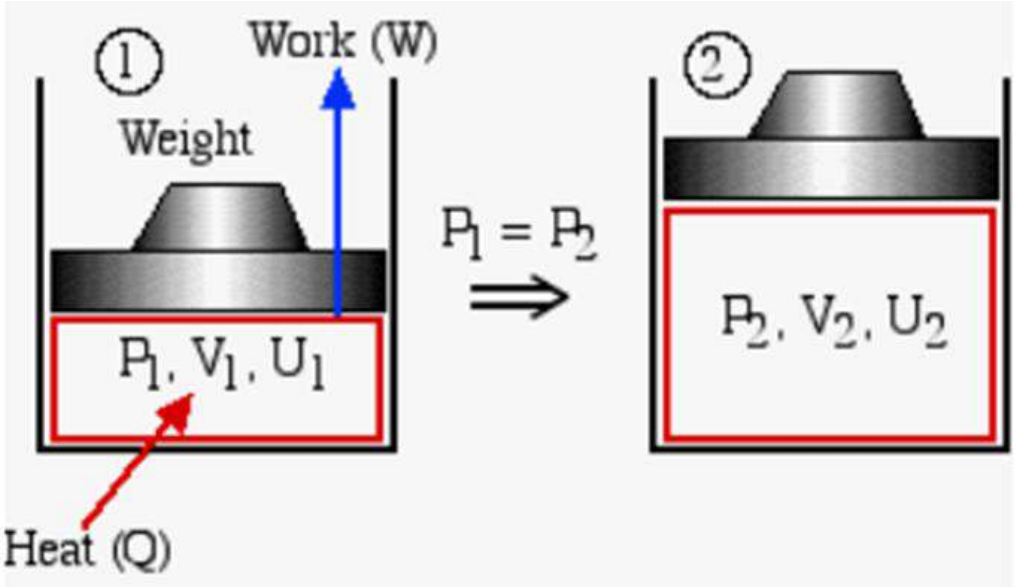
- تبخر الماء عند درجة غليانه في وعاء مفتوح والضغط ثابت حيث تبقى درجة الحرارة ثابتة أي أن ($dT = 0$) .
- تجمد الماء عند درجة الصفر المئوي.
- جسم الإنسان الذي يحافظ على درجة ثابتة في الجسم السليم.

(غليان الماء السائل عند درجة حرارة ثابتة).



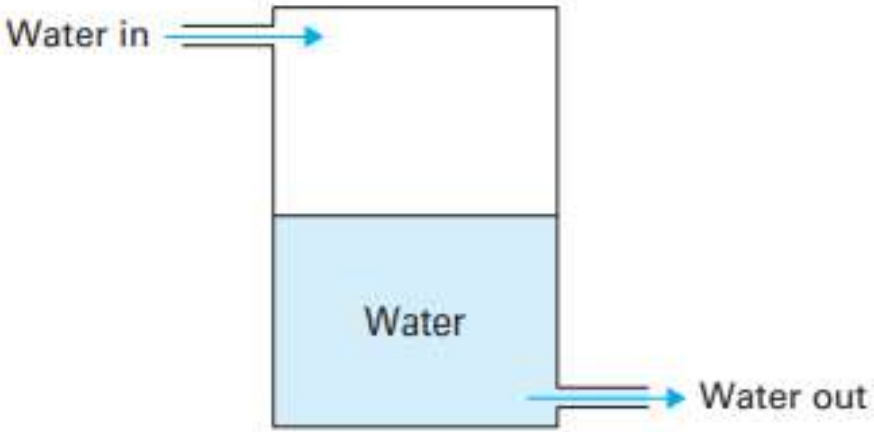
٢- **تحول متساوي الضغط *(Isobar process)*** :

هو تحول يتم عند ضغط **ثابت عبر كافة أجزاء المنظومة ، فإذا كان الضغط المطبق هو الضغط** الجوي (كما هو الحال عندما تُنفذ تجاربك في المختبر حيث الضغط يبقى ثابتاً خلال التجربة) أو بتطبيق ضغط ما عبر وضع كتلة ذات وزن محدد(كما في الشكل)، قلنا أن التحول يتم **عند ضغط ثابت.**



٣- تحول متساوي الحجم : *(Isochorprocess)* :

- هو تحول ترموديناميكي يمكن أن يتم في اسطوانة معدنية مغلقة لذلك نقول عنه أنه يتم عند حجم ثابت.
- يمكن أن يتم في اسطوانة تحوي غاز ما ومزودة بمكبس وإن تثبيت مكبسها بمسمار يجعل الحجم ثابت أيضاً.



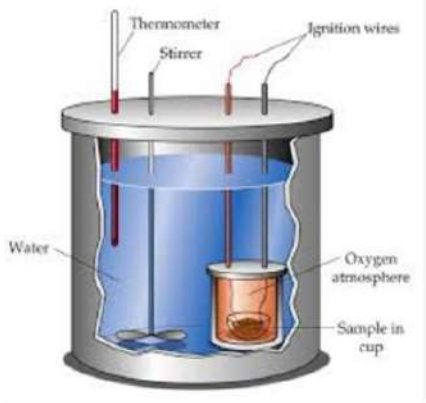
Schematic of a water tank.
"The tank" is an isochoric system, but "the water" is not necessarily isochoric.

الخزان يشكل جملة متساوية الحجم، أما الماء فليس بالضرورة أن يكون ثابت الحجم.

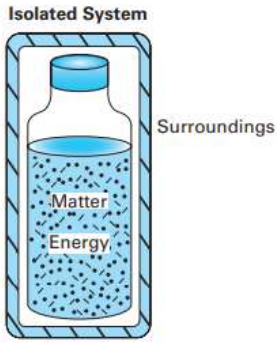
٤- تحول كظوم : *(Adiabatic process)* :

هو تحول يتم في وعاء معزول عزلاً جيداً ، وهي العملية **الحافظة للحرارة** ولا يتم فيها تبادل حراري أو انتقال للحرارة من المنظومة الى محيطها ولا من محيطها الى داخلها، ويتم الحصول على العملية الحافظة للحرارة من خلال إحاطة المنظومة بعازل جيد.

أمثلة :



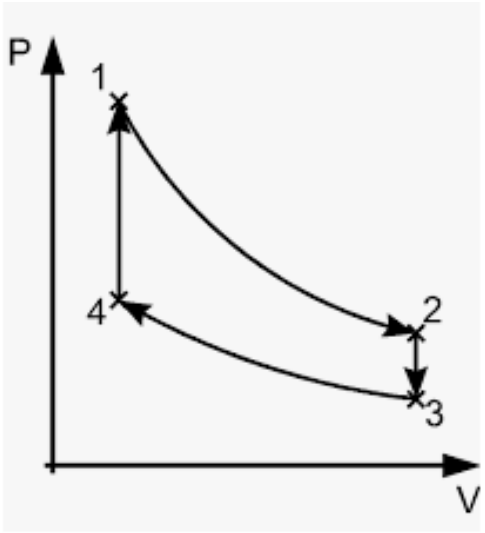
المسعر الحراري

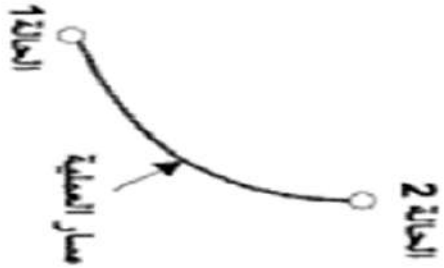


الترمس

١ – ٩ – التحولات الدورية *(Cyclic process)* :

هي التحولات التي تنفذها المنظومة بالانتقال من حالة أولى إلى حالة ثانية وإلى ثالثة ... الخ ، ثم العودة إلى الحالة الابتدائية . ويكون تغير المقادير الترموديناميكية بعد دورة كاملة معدوماً .





- من ١ إلى ٢ تحول متساوي الدرجة.
- من ٢ إلى ٣ تحول متساوي الحجم.
- من ٣ إلى ٤ تحول متساوي الدرجة.
- من ٤ إلى ١ تحول متساوي الحجم.

١-١٠- التوازن *(Equilibrium)* :

نقول عن المنظومة إنها في حالة توازن أو إنها متوازنة عندما لا يطرأ عليها أي تغير ظاهري مع الزمن. نميز تبعاً لنوع التحول الحاصل عدد من التوازنات الممكنة من أهمها :

- ***توازن حراري :***

ويتحقق عندما لا تتغير درجة حرارة المنظومة مع الزمن .

- ***توازن ميكانيكي :***

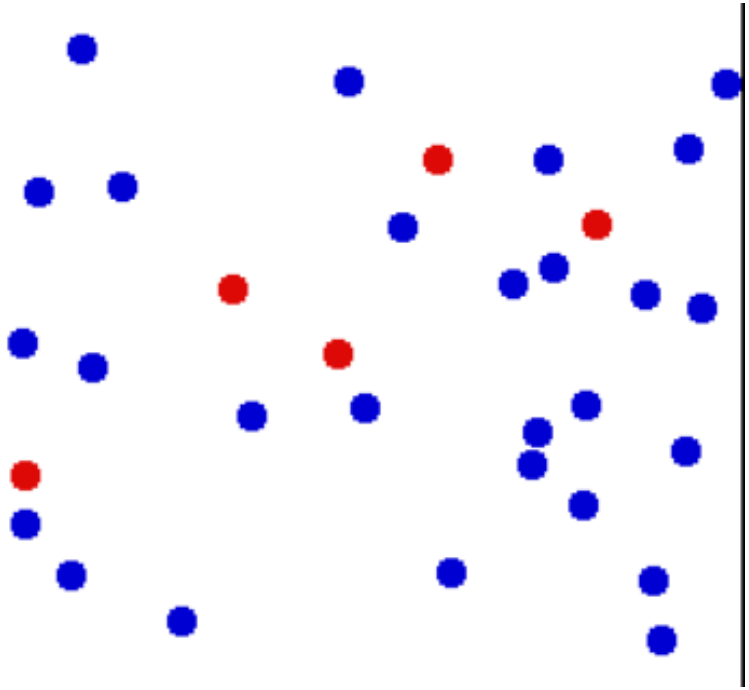
يحدث عندما تبقى جميع أجزاء المنظومة ثابتة مع الزمن .

- ***توازن كيميائي :***

ويتحقق إذا بقي تركيب المنظومة ثابتاً مع الزمن .

- ***توازن ترموديناميكي :*** إذا لم تؤد التحولات الحاصلة في المنظومة إلى تغير حالتها الترموديناميكية مع الزمن .

١-٢- الغازات المثالية :



مزيج غازين (١ و٢) :

- الكرات الزرقاء تمثل الغاز ١
- الكرات الحمراء تمثل الغاز ٢

ملاحظة هامة :

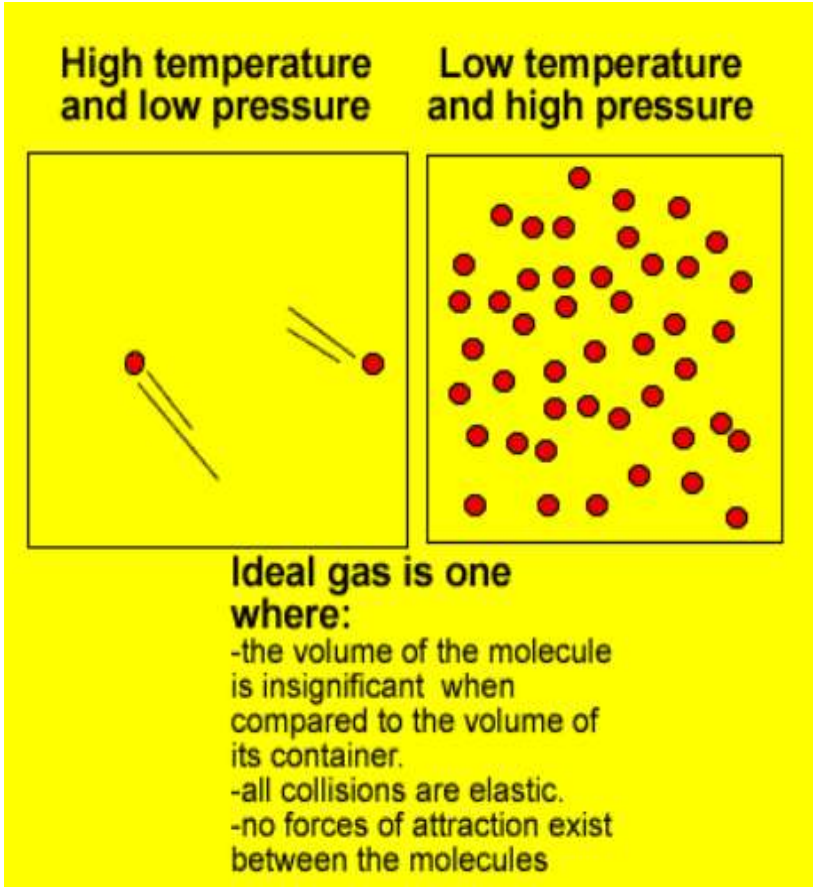
تمتزج الغازات مع بعضها بكل النسب ومثال ذلك الهواء

١- الحالة الغازية : **الغاز المثالي**

- هي إحدى حالات المادة الثلاث.
- يتكون الغاز من جسيمات صغيرة جداً ندعوها جزيئات (Molecule) .
- وقد تكون وحيدة الذرة مثل (Ne , Ar, Kr, Xe) أو ثنائية الذرة (O_2 ; N_2) أو متعددة الذرات (CO_2 , CH_4 , H_2O , NH_3) .
- والغازات تتحرك بحركة عشوائية ، وتكون المسافات الفاصلة فيما بينها كبيرة جداً وأكبر بكثير من قطر الذرة أو الجزيء.

- لذلك نقول إنه **لا توجد فيما بينها قوى تأثير متبادلة** (تجاذب أو تدافع).
- وأن **حجمها صغير جداً** بحيث يمكن إهماله بالنسبة لحجم الوعاء الذي يحويها، وندعو حالة مثل هذا الغاز **بالغاز المثالي** وتنطبق عليه قوانين الغازات التي سندرسها لاحقاً (بويل ماريوط – شارل – غي لوساك).
- يمارس الغاز **ضغطاً على الوعاء الذي يوجد فيه**، ويتوزع الضغط **بشكل متساو** على كامل سطح الوعاء الذي يحوي الغاز.
- ينحرف الغاز عن الحالة المثالية (وندعوه **بالغاز الحقيقي**) كلما:
  - زاد ضغطه .
  - انخفضت درجة حرارته .
- وسندرس حالة الغازات المثالية فقط.

مقارنة بين حالة الغاز المثالي والغاز الحقيقي



الغاز الحقيقي

- درجة حرارة منخفضة نسبياً.
- ضغط عالي

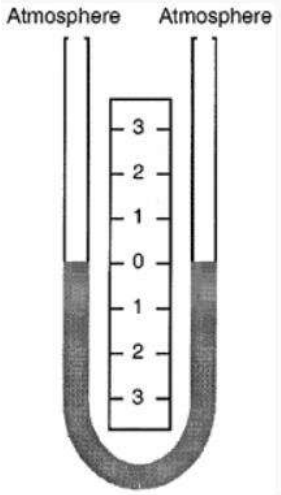
الغاز المثالي

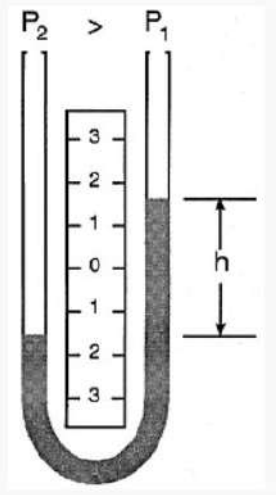
- درجة حرارة مرتفعة نسبياً.
- ضغط منخفض.

الغاز المثالي هو الذي يكون فيه:

- حجم الجزيئات مهمل بالنسبة لحجم الوعاء الذي يحويها.
- كل التصادمات مرنه.
- لا يوجد قوى تجاذب بين الجزيئات

مقاييس ضغط الغاز





واحدات الضغط . (يجب على الطلاب تعلّم التحويل فيما بين هذه الواحدات)

اسم واحدة القياس	رمز الواحدة	يمة واحدة القياس
Pascal	1 pa	$1Nm^{-2}$, $1\ Kgm^{-1}\ s^{-1}$
bar	1 bar	10^5 pa
atmosphere	1 atm	101.325 kpa
torr	1 torr	(101325/760) pa = 133.32 pa
Millimeters of mercury	1 mmHg	133.322 pa
Pound per square inches	1 psi	6.8948 kpa

١-٣- الطاقة الحركية والطاقة الكامنة :

- تعرّف الطاقة التي تملكها مكونات المنظومة بفضل حركتها نسبة الى اطار مرجعي معين بالطاقة الحركية K_E وإذا تحركت مكونات المنظومة جميعها بسرعة واحدة كانت طاقتها الحركية مساوية للمقدار الآتي :

$$K_E = \frac{1}{2}\ m\ V^2$$

- يدل المقدار V على سرعة مكونات المنظومة نسبة الى اطار مرجعي ثابت.
- أما الطاقة التي تملكها مكونات المنظومة بفضل ارتفاعها في المجال التقني الواقعي فتدعى الطاقة الكامنة P_E وتساوي الى :

$$P_E = m\ g\ h \qquad (KJ/Kg)$$

- حيث h ارتفاع مركز ثقل المنظومة نسبة إلى مستوى مرجعي معين.

➢ قد تكون للطاقة المنغناطيسية والكهربائية والتوتر السطحي آثارها المهمة في بعض الحالات الخاصة، ولن نعتبرها في دراساتنا لهذا المقرر.

➢ فإذا ما اهملنا هذه الآثار فإن الطاقة الكلية للمنظومة تقتصر على الطاقة الحركية والكامنة والداخلية، أي :

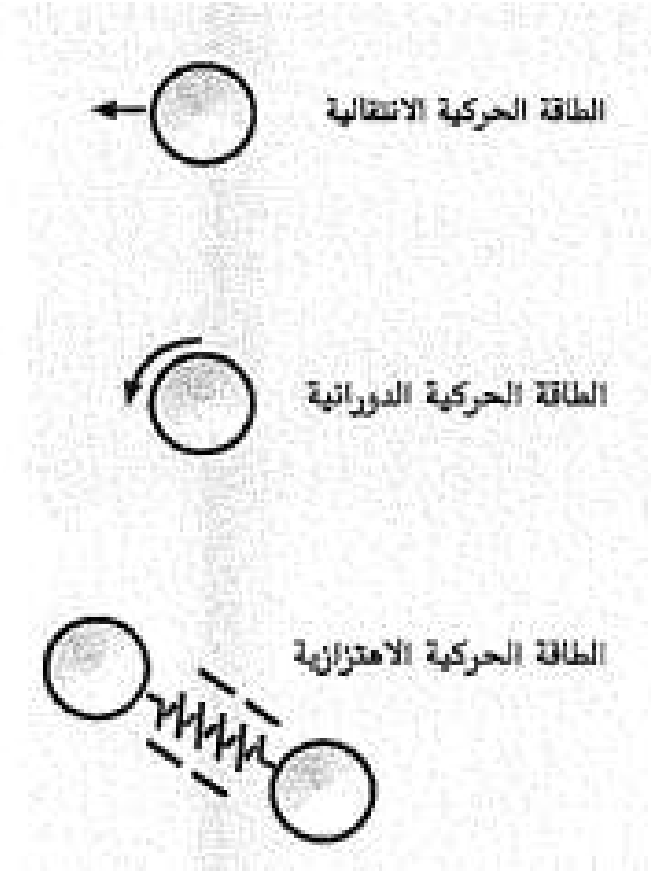
- $E = U + K_E + P_E = U + \frac{1}{2} m v^2 + m g h$ (KJ)

- تبقى معظم المنظومات ثابتة في مكانها في أثناء العمليات المنجزة عليها أو فيها، فلا تتغير فيها الطاقة الحركية والكامنة، وتعرّف المنظومات المغلقة التي لا تتغير فيها السرعة وارتفاع مركز الثقل في أثناء اجراء عملية من العمليات عليها بالمنظومات الساكنة ؟
- والتغير في الطاقة الكلية للمنظومات الساكنة تساوي مقدار التغير في الطاقة الداخلية ΔU .
- ولسوف نفرض في دراستنا لهذا المقرر أن المنظومات المغلقة ساكنة إلا في بعض الحالات الخاصة التي ننص فيها صراحة على حركتها.

ـ نظرة فيزيائية للطاقة الداخلية:

- عرفنا الطاقة الداخلية بأنها مجموع طاقة الأشكال الجسيمية لطاقة المنظومة، وتتعلق هذه الطاقة بالبنية الجزيئية كما تتعلق بدرجة النشاط الجزيئي في المنظومة. ويمكن اعتبارها مجموع الطاقة الحركية والكامنة للجزيئات.
- الجزيئات المنفردة (المؤلفة للمنظومة) سوف تتحرك متنقلة من مكان لآخر بسرعة معينة وتهتز بعضها مع بعض وتدور حول محور معين، ولكل من هذه الأنواع من حركة الجزيئات طاقة حركية : **انتقالية واهتزازية ودورانية**، ويشكل مجموع هذه الطاقات ما يسمى **بالطاقة الحركية للجزيء** .

- تدعى الطاقة الداخلية المرتبطة بالطاقة الحركية للجزيئات بالطاقة المحسوسة (انظر الشكل).
- تتناسب سرعة الجزيئات المتوسطة ودرجة نشاطها تناسباً طردياً مع درجة حرارة الغاز، ففي درجات الحرارة المرتفعة تزداد الطاقة الحركية للجزيئات وتزيد تبعاً لذبك الطاقة الداخلية للمنظومة المذكورة.
- ترتبط الطاقة الداخلية بالقوى الرابطة بين الجزيئات في المنظومة، وهذه القوى تكون اشد في الأجسام الصلبة وأضعف في الغازات .



- وإذا ما أضيف إلى الجسم الصلب أو السائل طاقة كافية فإن هذه الطاقة تستطيع أن تتغلب على القوى الجزيئية فتنفصل الجزيئات بعضها عن بعض وتتحول المادة إلى غاز وهذه العملية تدعى **عملية التحول الطوري**، وتصبح المنظومة في في الطور الغازي ذات مستوى أعلى في الطاقة الداخلية (بسبب هذه الطاقة المضافة) بمعنى أن السائل المتحول الى بخار(غاز) يكتسب كمية من الطاقة الحرارية دون أن ترتفع درجة حرارته وتختزن هذه الطاقة في المنظومة كطاقة كامنة.
- يمكن أن تطلق أو تتحرر هذه الطاقة عندما يتكاثف البخار الى سائل فتُسخّن الوسط المحيط، وكذلك الأمر بالنسبة للجوامد.

شكراً لإنصاتكم