States of Matter

Dr Nizar Al-Zoubi

Binding forces between molecules

لكي توجد الجزيئات على شكل تجمعات في الغازات والسوائل والمواد الصلبة، يجب أن توجد قوى بين الجزيئات.

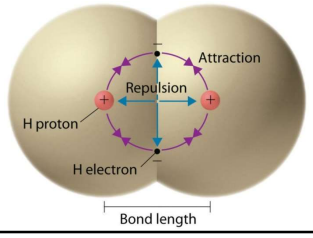
- For molecules to exist as aggregates in gases, liquids, and solids, *intermolecular forces* must exist.
- These *intermolecular forces* involve both attractive and repulsive forces.
- These forces must be balanced in an energetically favored arrangement for the molecules to interact.

• تشمل هذه القوى بين الجزيئات قوى تجاذب وتنافر.

يجب ان تكون هذه القوى متوازنة في ترتيب مفضل طاقيًا لكي تتفاعل الجزيئات.

Repulsive and Attractive Forces

- When two atoms or molecules are brought closer together, the opposite charges and binding forces in the two molecules are closer together than the similar charges and forces, causing the molecules to attract one another.
- When the molecules are brought so close that the similar charges touch, they repel each other like rigid elastic bodies.
- At a certain equilibrium distance, (about 3–4 Å), the repulsive and attractive forces are equal. At this position, the potential energy of the two molecules is a minimum and the system is most stable.



اخذه بعين الاعتبار في هذه القوى

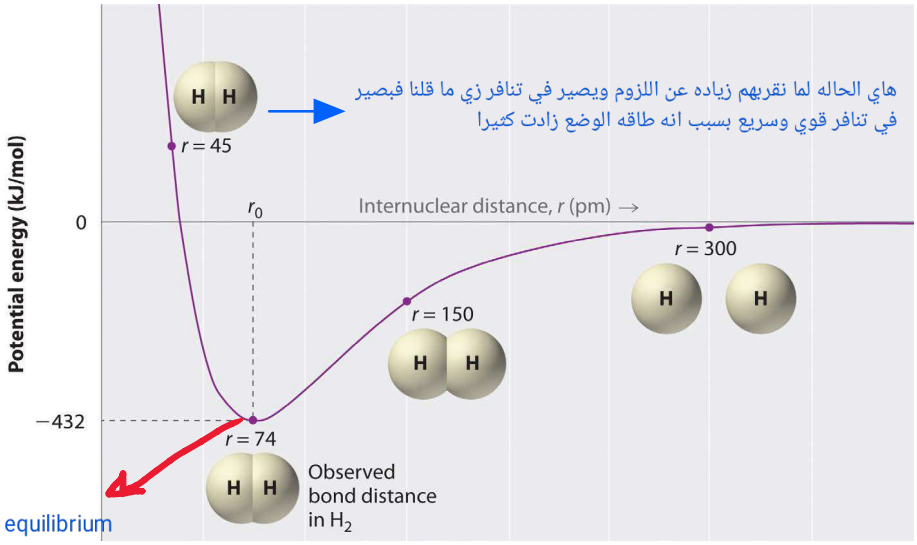
بكل اختصار الشحنات المتشابهه تتنافر والشحنات المختلفه تتجاذب اذا قربنا شحنتين متشابهات من بعض رح يصير في قوه تنافر ويتنافر بشكل سريع وعند مسافه معينه الي هي بتكون equilibrium distance قوه التجاذب مساويه لقوه التنافر فطاقه الوضع تكون قليله جدا وبالتالي بنقدر نقول عن ال systems انه stable

• عندما تقترب ذرتان أو جزيئتان من بعضهما، تكون الشحنات المتعاكسة وقوى الربط في الجزيئين أقرب إلى بعضها من الشحنات والقوى المتشابهة، مما يتسبب في تجاذب الجزيئات.

عندما تقترب الجزيئات لدرجة تلامس الشحنات المتشابهة، فإنها تتنافر مثل الأجسام المرنة الصلبة.

عند مسافة توازن معينة (حوالي 3-4 أنجستروم)، تتساوى قوى التجاذب والتنافر. عند هذا الموضع، تكون طاقة الوضع للجزيئين في أدنى مستوياتها ويكون النظام أكثر استقرارًا.

Repulsive and Attractive Forces



هذا الشكل بيوضح الحكي اللي حكيناه قبل شوي عن علاقه المسافه لقوى التجاذب والتنافر

Intermolecular forces

Intermolecular forces can be divided into:

- **Van der Waals forces**
- **Ion–dipole interaction**
- **Ion–induced dipole interaction**
- **Ion-ion interaction**
- **Hydrogen bonds**

Van der Waals forces

- Van der Waal interactions are weak forces that involve the dispersion of charge across amolecule called a dipole.

• تفاعلات فان دير فالس هي قوى ضعيفة تتضمن تشتت الشحنة عبر جزيء يسمى ثنائي القطب.

- Van der Waal interactions can be classified into:

A. Dipole–dipole interaction, orientation effect, or **Keesom force**

يمكن تصنيف تفاعلات فان دير فالس إلى: ا. تفاعل ثنائي القطب - ثنائي القطب، تأثير التوجيه، أو قوة كيسوم

B. Dipole-induced dipole interaction, induction effect, or **Debye force**

ب. تفاعل تناني القطب-تناني القطب المستحث، تأثير الحث، أو قوة ديباي

C. Induced dipole–induced dipole interaction, dispersion effect, or **London force**

المستحث، تأثير التشتت، أو قوة لندن

Van der Waals forces

- **Keesom forces occur between polar molecules in which the permanent dipoles interact with one another (*dipole-dipole interactions) or (orientation effect).***
- Polar molecules have polar covalent bonds which are unevenly distributed in space due to the difference in the electronegativity of the atoms forming the bond e.g. HCl.
- The nucleus of the chlorine atom pulls the electron pair involved in the chlorine–hydrogen bond closer to itself and creates a permanent partial positive charge on the hydrogen and a permanent partial negative charge on the chlorine (**Permanent dipole),**

Dipole Moment has a Magnitude and a Direction

هون بكون في عندنا two dipole molecules وطبعا بسبب ال electronegativity المختلفة ف فالمثال هون ال HCl ذره الكلور رح تجذب الالكترونات نحوها بشكل جزئي وليس كلي فبالتالي تتشكل شحنه سالبه جزئيه(- دلتا) وشحنه موجبه جزئيه على الهيدروجين (+دلتا) وتتجاذب الشحنات المختلفه لتكون رابطه طبعا ليش هاي الرابطه تعتبر ضعيفه لانه دلتا قيمتها كقيمه اقل من واحد

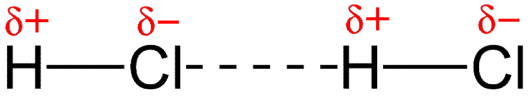
القطبية حيث تتفاعل ثنائيات الأقطاب الدائمة مع بعضها البعض (تفاعلات ثنائي القطب) أو (تأثير التوجيه).

• تحتوي الجزيئات القطبية على روابط تساهمية قطبية موزعة بشكل غير متساوٍ في الفراغ بسبب اختلاف السالبية الكهربية للذرات المكونة للرابطة، على سبيل المثال HCl.

تسحب نواة ذرة الكلور زوج الإلكترونات المشارك في رابطة الكلور-الهيدروجين أقرب إليها، مما يخلق شحنة موجبة جزئية دائمة على الهيدروجين وشحنة سالبة جزئية دائمة على الكلور (ثنائي قطب دائم).

Van der Waals forces

- The Partial opposite charges (permanent dipoles) attract one another (**dipole-dipole interactions)**
- The dipole-dipole forces increases as the polarity of the molecule increases.
- **Keesom forces** are much weaker than ionic bonds because the charges involved in bonding are partial.



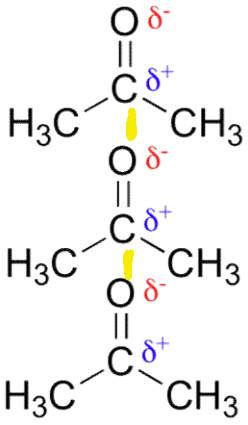
(ثنائيات الأقطاب الدائمة) مع بعضها البعض (تفاعلات ثنائي القطب)

• تزداد قوى ثنائي القطب مع زيادة قطبية الجزيء.

قوى Keesom اضعف بكثير من الروابط الأيونية لأن الشحنات المشاركة في الترابط جزئية.

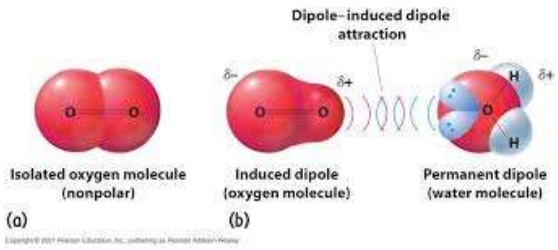
Van der Waals forces

- Example of Keesom forces
- Acetone



Van der Waals forces

- **Debye** forces occur between a polar and a nonpolar molecule in which the permanent dipole in the polar molecule induce an electric dipole in the non polar one (dipole-induced dipole interactions) or (induction effect) e.g. water and oxygen.



ال non-polar molecules
بيكونوا ذرتين من نفس النوع مثلا
ولهم نفس الكهروسلبية وبالتالي
الالكترونات موزعه بالتساوي ولكن
لما نقرب منه او اذا صدف وقرب
منه polar حيصير في تنافر
الالكترونات المتشابهه في ال
non-polar على الجهه الاخرى
وبتتكون شحنه جزيئيه سالبه
وموجبه وترتبط الشحنات المختلفه

ملاحظه هذه القوة تعتمد بشكل
رئيسي على المسافه بين الجزيئين
لانه ما رح يصير ال induced
non-polar الا اذا قرب منه polar

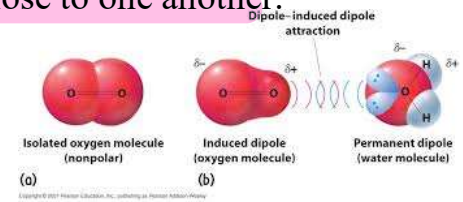
• تحدث قوى ديباي بين جزيء قطبي وجزيء غير قطبي، حيث يحث ثنائي القطب الدائم في الجزيء القطبي ثنائي قطب كهربائي في الجزيء غير القطبي (تفاعلات ثنائي القطب - ثنائي القطب المستحث) أو (تأثير الحث)، على سبيل المثال الماء والأكسجين.

Van der Waals forces

فبعتمد كليا على المسافة

- The oxygen molecule is nonpolar. However, when it comes close to the oxygen atom in a water molecule, the partial negative charge on the oxygen atom repels the electrons in the oxygen molecule. This causes (induces) a temporary partial positive charge in the end closest to the water molecule and a buildup of a partial negative charge in the end furthest away. This induced dipole is temporary and forms only when the two molecules are extremely close to one another.

جزيء الاكسجين غير قطبي. ومع ذلك، عندما يقترب من ذرة الأكسجين في جزيء الماء، فإن الشحنة السالبة الجزئية على ذرة الأكسجين تتنافر مع الإلكترونات في جزيء الأكسجين. هذا يسبب (يحفز) شحنة موجبة جزئية مؤقتة في الطرف الأقرب إلى جزيء الماء وتراكم شحنة سالبة جزئية في الطرف الأبعد. هذا ثنائي القطب المستحث مؤقت ويتشكل فقط عندما يكون الجزيئان قريبين للغاية من بعضهما البعض.



Van der Waals forces

- The strength of Debye forces increases with the ease of distortion of the electron cloud of the nonpolar molecule (i.e. polarizability of the molecule).

سهولة تشوه السحابة الإلكترونية للجزيء غير القطبي (أي استقطابية الجزيء).

- Debye forces is weaker than Keesom forces because the dipole in the nonpolar molecule is temporary (induced) and forms only when the two molecules are extremely close to each other.

قوى ديبي أضعف من قوى كيسوم لأن ثنائي القطب في الجزيء غير القطبي مؤقت (مستحدث) ويتشكل فقط عندما يكون الجزيئان قريبين للغاية من بعضهما البعض.

Van der Waals forces

- **London forces** occur between two nonpolar (neutral) molecules in which molecules can induce polarity on each other (*induced dipole-induced dipole interactions) or (dispersion effect).e.g.Helium , Neon, hydrocarbons…*

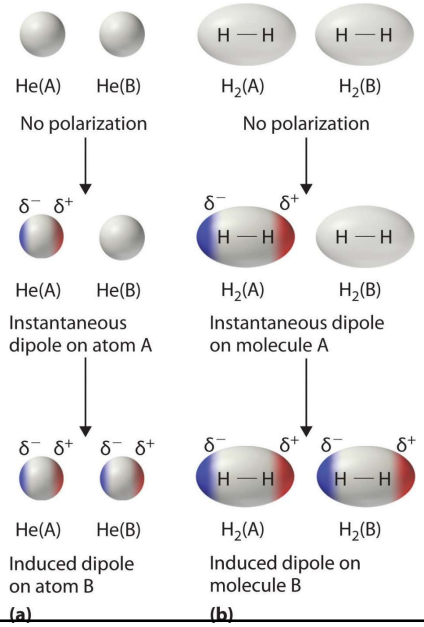
• تحدث قوى لندن بين جزيئين غير قطبيين (محايدين) حيث يمكن للجزيئات أن تحث قطبية على بعضها البعض (تفاعلات ثنائي القطب المستحث) أو (تأثير التشتت). على سبيل المثال، الهيليوم، النيون، الهيدروكربونات...

الفكره هون انه بس ال two nonpolar molecules يقربوا على بعض ويصير لواحد منهم induced ولو لحظيا فانه كمان لحظيا رح يصير للثاني induced وبالتالي رح تنشا شحنات موجبه سالبه لحظيا على الاطراف وتتجاذب الشحنات المختلفه

Van der Waals forces

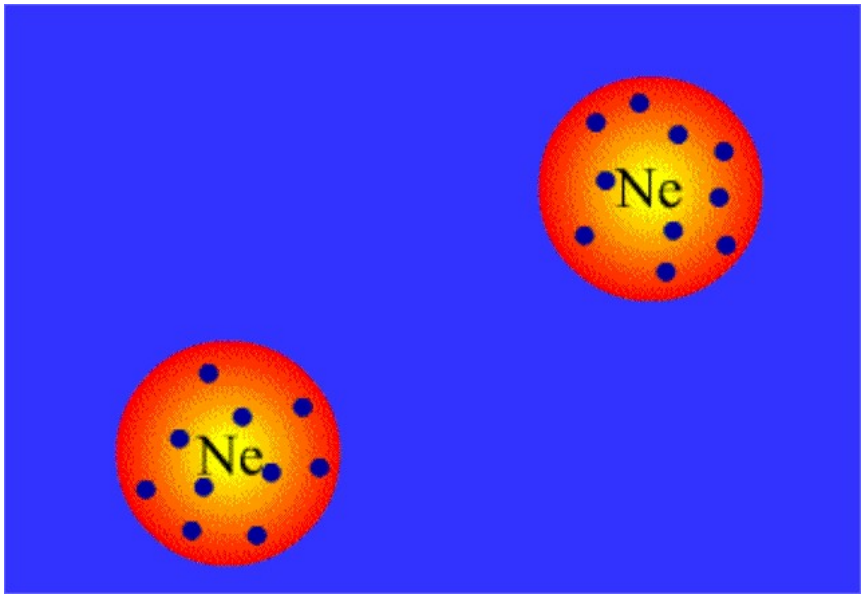
- This attraction is produced by temporary asymmetry in the distribution of the electrons around the nucleus.

ينتج التجاذب عن طريق عدم التماثل المؤقت في توزيع الإلكترونات حول النواة.



يعني السبب الاساسي اصلا انه بصير لوحده منهم induced هو ان الالكترونات في حركه دائمه ومن ذره لذره رح يختلف التوزيع الالكتروني في اللحظه المعينه وبالتالي رح يصير induced

Van der Waals forces



بنلاحظ هون توزيع الالكترونات المختلف حتى في الذرات المتشابهه

Van der Waals forces

- **London forces** occur between all atoms and molecules (between polar/polar and polar/nonpolar molecules as well)
- The larger the atom or molecule, the greater its polarizability (easier to induce a momentary dipole) and the stronger the dispersion forces become.
- This is because:
  1. The electrons are farther from the positive nucleus and so are held less strongly
  2. The number of electrons is greater
- London Force is the weakest of all the intermolecular forces.

تحدث قوى لندن بين جميع الذرات والجزيئات (بين الجزيئات القطبية/القطبية والجزيئات القطبية/غير القطبية أيضًا).

كلما كبرت الذرة أو الجزيء، زادت قابليته للاستقطاب (أسهل في إحداث ثنائي قطب لحظي) وازدادت قوى التشتت قوة.

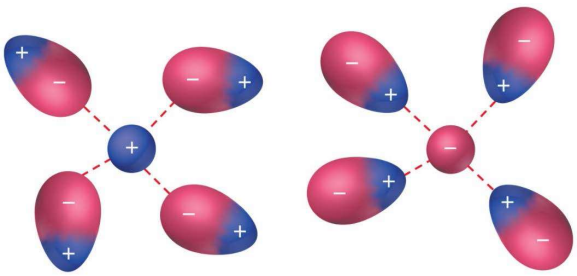
هذا بسبب:
1. تكون الإلكترونات أبعد عن النواة الموجبة وبالتالي تكون مرتبطة بها بشكل أضعف

2. عدد الإلكترونات أكبر

قوة لندن هي أضعف قوى التجاذب بين الجزيئات.

Ion-dipole forces

- Ion-dipole forces occur between a charged ion and a polar molecule (i.e. a molecule with a dipole) Cations are attracted to the negative end of a dipole, while anions are attracted to the positive end of a dipole

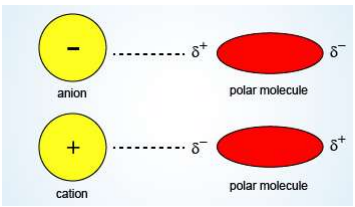


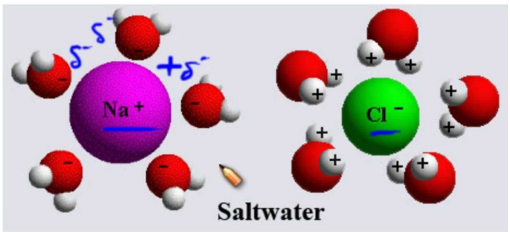
Cation–dipole attractions Anion–dipole attractions

• تحدث قوى الأيون-ثنائي القطب بين أيون مشحون وجزيء قطبي (أي جزيء ذو ثنائي قطب). تنجذب الكاتيونات إلى الطرف السالب لثنائي القطب، بينما تنجذب الأنيونات إلى الطرف الموجب لثنائي القطب

Ion-dipole forces

- These types of interactions account in part for the solubility of ionic crystalline substances in water; the cation, for example, attracts the relatively negative oxygen atom of water and the anion attracts the hydrogen atoms of the dipolar water molecules.



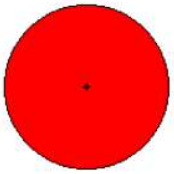


• تفسر هذه الأنواع من التفاعلات جزئيًا ذوبان المواد البلورية الأيونية في الماء، حيث يجذب الكاتيون، على سبيل المثال، ذرة الأكسجين السالبة نسبيًا في الماء، ويجذب الأنيون ذرات الهيدروجين في جزيئات الماء ثنائية القطب.

طبعا هي اقوى من جميع القوى السابقه، ليش ؟
لان القوى السابقه كانت كلها عباره عن دلتا وهي اقل من واحد كقيمه اما هون ففي عندنا ايون يعني شحنه كامله سواء كانت موجب واحد او سالب واحد وما الى ذلك فهي شحنه كامله او اكثر حتى لذلك هي اقوى

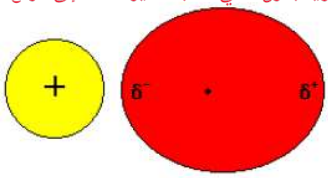
Ion-Induced dipole

- **Ion-Induced dipole forces occur between a charged ion and a nonpolar molecule.**
- These forces result when the approach of an ion induces a dipole in an atom or in a nonpolar molecule by disturbing the arrangement of electrons
- Ion-induced dipole forces are presumably involved in the formation of the iodide complex
- $I_2+K+I^- = K+I_3^-$



Spherical atom with no dipole. The dot indicates the location of the nucleus.

ذرة كروية بدون ثنائي قطب. تشير النقطة إلى موقع النواة.



Upon approach of a charged ion, electrons in the atom respond and the atom develops a dipole.

عند اقتراب ايون مشحون، تستجيب الإلكترونات في الذرة، فتتكون ثنائية قطب في الذرة.

تحدث قوى ثنائية القطب المستحثة بالأيونات بين أيون مشحون وجزيء غير قطبي.

تنشأ هذه القوى عندما يحث اقتراب أيون ثنائي قطب في ذرة أو في جزيء غير قطبي عن طريق إحداث اضطراب في ترتيب الإلكترونات.

من المفترض أن قوى ثنائي القطب المستحثة بالأيونات تشارك في تكوين معقد اليوديد

بيجي ال I– بقرب من ال I2 وبخرب توزيع الالكترونات بسبب قوه تجاذب والتنافر وبالتالي بعمل له induced وبعدين تتكون الرابطه

Ion-ion interactions

- A cation on one compound will interact with an anion of another compond.
- Ion-ion interactions may be intermolecular (e.g. a hydrochloride salt of a drug) or intramolecular (e.g., a salt bridge interaction between counter ions in proteins).

• يتفاعل الكاتيون الموجود على أحد المركبات مع الأنيون الموجود على مركب آخر.

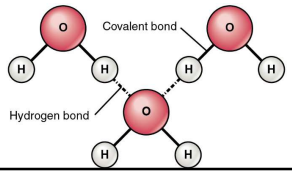
• قد تكون تفاعلات الأيونات بين الجزيئات (مثل ملح هيدروكلوريد دواء) أو داخل الجزيء (مثل تفاعل الجسر الملحي بين الأيونات المقابلة في البروتينات).

بكون intermolecular يعني بين جزئين مختلفين او مركبين مختلفين والمثال اللي معطينا اياه هو hydrochloride salt of a drug يعني مثلا Lidocaine HCl حيث يرتبط الدواء الموجب مع ايون كلورايد سالب برابطه ايونيه

وبيكون intramolecular يعني داخل الجزيء نفسه المثال هو salt bridge in protein يعني مثلا الاحماض الامينيه تمتلك شحنه موجبه وسالبه في نفس الوقت لانه zwitterion يعني في عنا +NH3 وفي COO - فممكن واحد من حمض اميني يرتبط مع الثاني من حمض اميني اخر

Hydrogen bond

- Hydrogen bond is a strong type of dipole-dipole interaction that occurs between a molecule containing a hydrogen atom and a strongly electronegative atom such as fluorine, oxygen, or nitrogen
- In order to create the bond, the hydrogen atom must be covalently attached to another electronegative atom.
- A perfect example of hydrogen bond is water.
- Hydrogen bonds can also exist between alcohol molecules, carboxylic acids, aldehydes, and DNA and polypeptides.



شرط اكون الرابطه الهيدروجينيه هو انه يكون الهيدروجين مرتبط مع اي ذره اخرى غير نفسه يعني H2 ما بتزبط لانه ما في اختلاف بالكهرو سلبيه

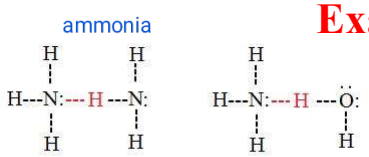
الرابطة الهيدروجينية هي نوع قوي من تفاعل ثنائي القطب يحدث بين جزيء يحتوي على ذرة هيدروجين وذرة ذات كهرسلبية عالية مثل الفلور أو الأكسجين أو النيتروجين

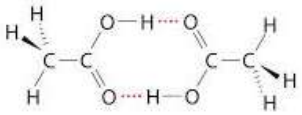
من أجل إنشاء الرابطة، يجب أن ترتبط ذرة الهيدروجين تساهميًا بذرة أخرى ذات كهرسلبية عالية. • الماء مثال مثالي على الرابطة الهيدروجينية.

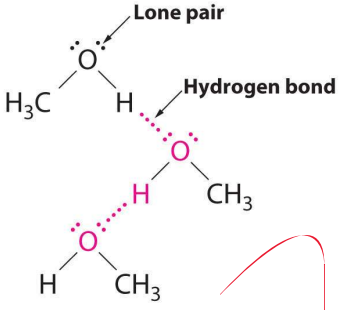
• يمكن أن توجد الروابط الهيدروجينية أيضًا بين جزيئات الكحول والأحماض الكربوكسيلية والألدهيدات والحمض النووي DNA والببتيدات.

Hydrogen bond

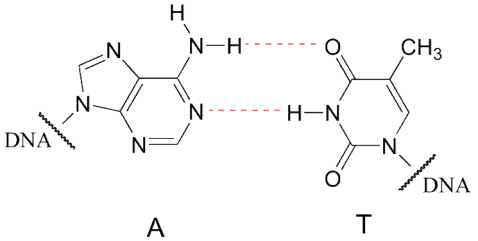
Examples







alcohol



A

adenine

T

thirocen

Hydrogen bond

- Hydrogen bonds are responsible for many unusual physical properties of water including its abnormally low vapor pressure , high boiling point, and the greater volume of ice water.
- Hydrogen bonding is stronger than all Van der Waals intermolecular forces (they are given their own classification), but are still weaker than ionic and covalent bonds.

تُعد الروابط الهيدروجينية مسؤولة عن العديد من الخصائص الفيزيائية غير العادية للماء، بما في ذلك ضغط بخاره المنخفض بشكل غير طبيعي، ونقطة غليانه العالية، وحجم الماء المثلج الأكبر.

الرابطة الهيدروجينية أقوى من جميع قوى فان دير فالس بين الجزيئات (لها تصنيفها الخاص)، ولكنها لا تزال أضعف من الروابط الأيونية والتساهمية.

Bond energies

- Bond energy is a measure of the strength of bond.

• طاقة الرابطة هي مقياس لقوة الرابطة.

Intramolecular forces:

Ionic>covalent>metallic

Intemolecular forces:

- Ion-dipole>ion-induced dipole>hydrogen bond>keesom>Debye>London

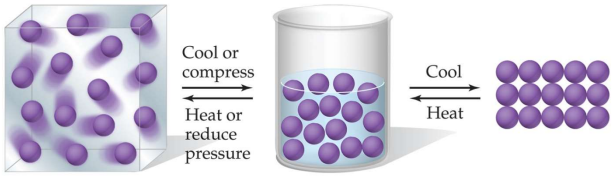
والظروف المختلفه ممكن تؤثر على هذا الترتيب

الدكتور قال نركز على كتابه واملاء المصطلحات العلميه المهمه
لان الامتحان في منه كتابي وقال انه ممكن يحاسب عليها + حتى
الوحدات بالحسابات بحاسب عليهم

States of Matter

- Three primary state of matter

1) Gaseous state 2) Liquid state 3) Solid state



Gas	Liquid	Crystalline solid
Total disorder; much empty space; particles have complete freedom of motion; particles far apart	Disorder; particles or clusters of particles are free to move relative to each other; particles close together	Ordered arrangement; particles are essentially in fixed positions; particles close together

فوضى تامة، مساحة فارغة كبيرة، الجسيمات لها حرية حركة كاملة، الجسيمات متباعدة

مادة صلبة بلورية، ترتيب منظم، الجسيمات في مواقع ثابتة أساسًا، الجسيمات متقاربة

- Other mesophases:

الجسيمات حرة الحركة بالنسبة لبعضها البعض، الجسيمات متقاربة

Liquid crystals, Supercritical fluids

البلورات السائلة، الموائع فوق الحرجة

The gaseous state

- Gases are described as molecules that have high kinetic energy → rapid motion of molecules.
- Gas molecules exert relatively small forces on each other (molecules try to act independently of one another).

الطاقه الحركيه العاليه هي نتيجه للتباعد بين الجزيئات وضعف الروابط

بسبب وجود مسافات كافيه لتداخل الغازات مع بعضها البعض

General properties

- A gas mixes rapidly and completely with any other gas.
- A gas uniformly fills any container and assumes its shape (volume).
- Gas is the only state that is compressible.
- The vigorous motion produces a pressure called vapor pressure.

• توصف الغازات بأنها جزيئات ذات طاقة حركية عالية ← حركة سريعة للجزيئات.

تؤثر جزيئات الغاز بقوى صغيرة نسبيًا على بعضها البعض (تحاول الجزيئات التصرف بشكل مستقل عن بعضها البعض).

• يختلط الغاز بسرعه وبشكل كامل مع أي غاز آخر.

يملأ الغاز أي وعاء بشكل موحد ويأخذ شكله (حجمه).

الغاز هو الحالة الوحيدة القابلة للانضغاط.

تُنتج الحركة القوية ضغطًا يُسمى ضغط البخار.

Pressure units

باسكال وحده قياس ضعيفه نسبيا

- The SI unit is the Pascal (Pa) where:

$$1\ Pa = 1\ N\ m^{-2}$$

• وحده النظام الدولي للوحدات هي الباسكال (Pa) حيث: 1 باسكال = 1 نانومتر مربع

- The relationship of other commonly used pressure units to the Pascal is as follows:
  - ❑1 bar = 10^5 Pa
  - ❑1 mmHg = 1 torr = 133.32 Pa
  - ❑1 atm = 1.013×10^5 Pa
  - ❑1 psi = 6894.76 Pa
- Standard atmospheric pressure is 760 mmHg = 760 torr = 1.013 bar = 1.013×10^5 Pa

• العلاقة بين وحدات الضغط الاخرى شائعة الاستخدام والباسكال هي كما يلي:

الغاز المثالي

Ideal gas

يمشي مو بي حوى وش بسبب ضعفها الشديد نهملها+ يتصادم تصادمات مرنه وبالتالي لا يفقد طاقه ابدا كنظام

- Ideal gas is a gas where no intermolecular interactions exist and collisions are perfectly elastic, and thus no energy is exchanged during collision.

• الغاز المثالي هو غاز لا توجد فيه تفاعلات بين الجزيئات، وتكون التصادمات مرنة تمامًا، وبالتالي لا يتم تبادل الطاقة أثناء التصادم.

- The properties of the ideal gas can be described by the general ideal gas law, which is derived from Boyle, Charles and Gay-Lussac laws

• يمكن وصف خصائص الغاز المثالي بقانون الغاز المثالي العام، المشتق من قوانين بويل، وتشارلز، وجاي-لوساك

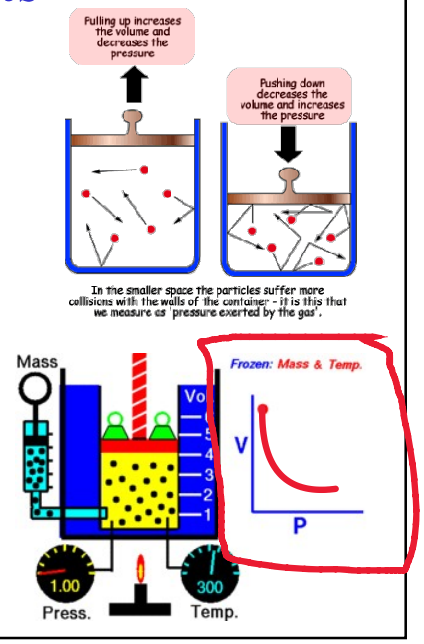
Ideal gas

- **Boyle's law** states that the volume and pressure of a given mass of gas is inversely proportional (i.e. when the pressure of a gas increases, its volume decreases).

$$P \propto \frac{1}{V} \quad or \quad PV = k$$

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

P: pressure, K: constant,
V: volume



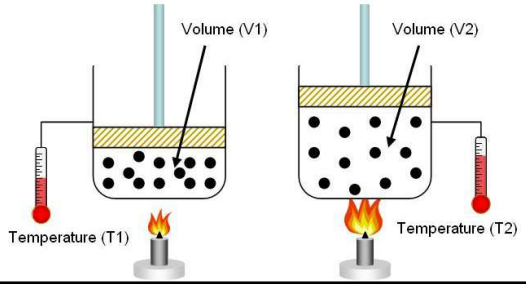
• ينص قانون بويل على أن حجم وضغط كتلة معينة من الغاز يتناسبان عكسيًا (أي عندما يزداد الضغط، يقل حجم الغاز).

Ideal gas

- The **Charles** law states that the volume and absolute temperature of a given mass at constant pressure are directly proportional:

V1/T1=V2/T2 $V \propto T$ or $V = kT$

ينص قانون تشارلز على أن حجم ودرجة الحرارة المطلقة لكتلة معينة عند ضغط ثابت يتناسبان طرديًا:



Ideal gas

- **Gay-Lussac's law** states that the pressure of a given mass of gas varies directly with the absolute temperature of the gas, when the volume is kept constant:

$$P/T = k$$

P1/T1=P2/V2

ينص قانون جاي-لوساك على أن ضغط كتلة معينة من الغاز يتناسب طرديًا مع درجة حرارته المطلقة، عندما يظل الحجم ثابتًا:

لانها رح تكون موجوده في الامتحان ولكن قال اي قانون مش موجود من المطلوبات يجب حفظهم

Ideal gas

- Boyle, Gay-Lussac and Charles law can be combined to obtain the familiar relationship:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

• يمكن دمج قوانين بويل، جاي-لوساك، وشارل للحصول على العلاقة المألوفة:

الحراره بالكلفن ضروري

Ideal gas

Example

- In the assay of ethylnitrite spirit, the nitric oxide that is librated from a definite quantity of spirit and collected in a gas burette occupies a volume of 30.0 ml, at a temperature of 20 °C and a pressure of 740 mm Hg. Assuming the gas is ideal, what is the volume at 0 °C and 760 mm Hg?

$$\frac{740 \times 30.0}{273+20} = \frac{760 \times V_2}{273}$$

$V_2 = 27.2$ mL

General ideal gas law

- General ideal gas law (also called equation of state) relates the **pressure**, **volume**, and **temperature** of a given mass of gas.

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \quad \Rightarrow \quad \frac{P V}{T} = R$$

يربط قانون الغاز المثالي العام (يسمى أيضًا معادلة الحالة) الضغط والحجم ودرجة الحرارة لكتلة معينة من الغاز.

- **R:** the molar gas constant value for the PV/T ratio of an ideal gas.

R: قيمة ثابت الغازات المولي لنسبة PV/T للغاز المثالي.

- For n moles the equation becomes:

$$PV = nRT$$

General ideal gas law

- The volume of 1 mole of an ideal gas under standard conditions of temperature and pressure (i.e., at 0° C and 1 atm) has been found by experiment to be 22.414 liters.
- Substituting this value in general ideal gas law:

$$R = \frac{P\,V}{T} = \frac{1 \times 22.414}{273.16} = 0.08205 \text{ atm L/mole K}$$

- The molar gas constant can also be expressed by energy units:
- **R = 8.314 Joules/mole K or**
- **R = 1.987 cal/mole deg**

1 atm = 1.0133 × 10^6 dynes/cm^2
1 Joule = 1 N.m = 1 $Pa.m^3$
1 cal = 4.184 Joule

تم إيجاد حجم 1 مول من غاز مثالي في ظل الظروف القياسية لدرجة الحرارة والضغط (أي عند 0 درجة مئوية و1 ضغط جوي) تجريبيًا ليكون 22.414 لترًا.

General ideal gas law

Example: Calculation of volume using the ideal gas law

- **What is the volume of 2 moles of an ideal gas at 25°C and 780 mm Hg?**

- 780 mm Hg/760 mm Hg = 1.0263atm
- 25°C + 273 = 298 K

- **PV=nRT →** $V = \frac{nRT}{P} = \frac{2 \times 0.08205 \times 298}{1.026} = 47.65$ L

Aerosols and ideal gas law

- **Pressure Calculation**: The ideal gas law (PV = nRT) is critical for determining the pressure inside aerosol containers, when compressed (not liquefied) gases (e.g., nitrogen, carbon dioxide) are used as propellants.
- **Key Assumption**: The law assumes ideal behavior (no intermolecular forces, negligible molecular volume), simplifying pressure predictions for aerosol systems.
- **Practical Use**:
  - Calculate the pressure exerted by a known amount of gas (moles) at a given temperature and container volume.
  - Ensure safe and effective product performance by maintaining optimal pressure.

يعني هاي البخاخات هي وحده من التطبيقات العملية

اذا كان الغاز مضغوط كتيرا معناته حجم ال particles رح يكون قليل و وتتطاير في الجو

اما اذا كان الغاز مضغوط قليلا اذا حجم ال particles رح يكون اكبر وينزل على معين surface

حساب الضغط: يُعد قانون الغاز المثالي (PV = nRT) أساسيًا لتحديد الضغط داخل عبوات الهباء الجوي، عند استخدام غازات مضغوطة (غير مسالة) (مثل النيتروجين وثاني أكسيد الكربون) كوقود دافع.

الافتراض الرئيسي: يفترض القانون سلوكًا مثاليًا (انعدام القوى بين الجزيئية، وحجم جزيئي مهمل)، مما يُبسط توقعات الضغط لأنظمة الهباء الجوي. الاستخدام العملي:

حساب الضغط الذي تُمارسه كمية معروفة من الغاز (عدد المولات) عند درجة حرارة وحجم عبوة مُحددين.

التأكد من أداء المنتج بأمان وفعالية من خلال الحفاظ على الضغط الأمثل.

General ideal gas law

Example: Calculation of pressure using the ideal gas law

Calculate the pressure at 25°C within an aerosol container of internal volume 250 cm^3 containing 160 cm^3 of concentrate above which has been introduced 0.04 mol of nitrogen gas. Assume ideal behavior.

Answer

$$PV = nRT$$

$$P = \frac{0.04 \times 8.314 \times 298}{(250 - 160) \times 10^{-6}}$$

$$P = 1.01 \times 10^6 \text{ N m}^{-2} \text{ (or Pa)}$$

2volumes هون معطينا والمقصود هون انه واحد حجم ال container كامل والثاني حجم ال concentrate يعني الماده الفعاله او السائله او ايا يكن عشان اطلع حجم الغاز بطرحهم الاثنين من بعض

General ideal gas law

Example2

Calculate the amount of nitrogen gas (in moles) that must be introduced into an aerosol container of internal volume 350 cm³ containing 200 cm³ of liquid product, so that the pressure at 30°C reaches 1.5 × 10⁶ Pa. Assume ideal behavior.

$$PV = nRT$$

$$V = (350 - 200) \times 10^{-6} = 150 \times 10^{-6}\,\mathrm{m}^3$$

$$T = 30 + 273 = 303\,\mathrm{K}$$

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{1.5 \times 10^6 \times 150 \times 10^{-6}}{8.314 \times 303}$$

$$n = \frac{225}{2519.142} \approx 0.0893\,\mathrm{mol}$$

Answer: Approximately **0.089 mol** of nitrogen gas must be added.

General ideal gas law: Molecular weight of gas

The approximate molecular weight of a gas can be determined by use of the ideal gas law:

يمكن تحديد الوزن الجزيئي التقريبي للغاز باستخدام قانون الغاز المثالي:

PV = nRT

since **n=g/M** then:

$$\mathbf{PV = \frac{g}{M} RT}$$

$$\mathbf{M = \frac{gRT}{PV}}$$

General ideal gas law: Molecular weight of gas

Example: Molecular weight determination using the ideal gas law

If 0.30 g of ethyl alcohol in the vapor state occupies 200 mL at a pressure of 1 atm and a temperature of 100 °C, what is the molecular weight of ethyl alcohol?

100 °C + 273 = 373 K

200 mL ÷ 1000 mL =0.2 L

$$\mathbf{M} = \frac{\mathbf{gRT}}{\mathbf{PV}} = \frac{0.3 \times 0.082 \times 373}{1 \times 0.2} = 46 \frac{\text{g}}{\text{mole}}$$

Ideal gas

Kinetic Molecular Theory

Kinetic molecular theory explains the behavior of gases according to the ideal gas law:

- Gases are composed of particles called atoms or molecules, the total volume of which is so small (negligible) in relation to the volume of the space in which the molecules are confined.
- Gas molecules exert neither attractive nor repulsive forces on one another
- The particles exhibit continuous random motion. The average kinetic energy, E, is directly proportional to the absolute temperature of the gas, or **E=(3/2)RT.**
- The molecules exhibit perfect elasticity; there is no net loss of speed or transfer of energy after they collide with one another and with the walls of the confining vessel.

يعني جزيئات الغاز كل ما زادت حرارتها رح تزيد طاقه هالحركيه وبالتالي رح تزيد سرعتها بالاضافه الى انه الطاقه الحركيه محفوظه والتصادم تصادم مرن بين الجزيئات

تشرح النظرية الحركية الجزيئية سلوك الغازات وفقًا لقانون الغاز المثالي:

> تتكون الغازات من جسيمات تسمى الذرات أو الجزيئات، وحجمها الكلي صغير جدًا (مهمل) بالنسبة لحجم الفراغ الذي تُحصر فيه الجزيئات.

> لا تُؤثر جزيئات الغاز بقوى تجاذب أو تنافر على بعضها البعض.

> تُظهر الجسيمات حركة عشوائية مستمرة. متوسط الطاقة الحركية، E، يتناسب طرديًا مع درجة الحرارة المطلقة للغاز، أو E-(3/2)RT.

> تُظهر الجزيئات مرونة تامة، فلا يوجد فقدان صافٍ للسرعة أو انتقال للطاقة بعد اصطدامها ببعضها البعض وبجدران الوعاء المحيط.

طبعا مش كل الغازات مثاليه في عنا غازات حقيقيه التصادم بينهم مش مرن تماما وفي خسران في الطاقه وايضا كنا نحمل تاثير حجم الذرات وتاثير قوه التجاذب ولكن هنا لها تاثير على الضغط والحجم الذي يشغله الغاز

Real gas

- Real gases do not interact without energy exchange, and therefore do not follow the laws of Boyle, Charles, and Gay-Lussac.
- Real gases are not composed of infinitely small and perfectly elastic non-attracting spheres.
- They are composed of molecules of a finite volume that tend to attract one another.
- The significant molecular volume and the intermolecular attractions between gas molecules affect both the volume and the pressure of a real gas respectively.

• لا تتفاعل الغازات الحقيقية دون تبادل للطاقة، وبالتالي لا تتبع قوانين بويل، وشارل، وجاي-لوساك.

• لا تتكون الغازات الحقيقية من كرات صغيرة جدًا ومرنة تمامًا وغير متجاذبة.

• تتكون من جزيئات ذات حجم محدود تميل إلى جذب بعضها البعض.

• يؤثر الحجم الجزيئي الكبير وقوى التجاذب بين جزيئات الغاز على كل من حجم وضغط الغاز الحقيقي على التوالي.

Real gas: van der Waals equation

- The van der Waals equation is a modified ideal gas equation that takes into account the factors that affect the volume and pressure of a real gas.

For n mole of gas: $\left(P + \frac{an^2}{V^2}\right)(V - nb) = nRT$

- where *a and b are constants for a particular* gas.
- Around each molecule of a gas is a particular volume from which other molecules are excluded for purely physical reasons. The bulk molar volume, *V, of the gas is consequently an* overestimation of the true molar volume.

الغاز الحقيقي: معادلة فان دير فالس

• معادلة فان دير فالس هي معادلة غاز مثالي معدلة تأخذ في الاعتبار العوامل التي تؤثر على حجم وضغط الغاز الحقيقي.

• حيث a و b ثابتان لغاز معين.

• يوجد حول كل جزيء من الغاز حجم معين تُستبعد منه الجزيئات الأخرى لأسباب فيزيائية بحتة. وبالتالي، فإن الحجم المولي الكلي، V، للغاز هو تقدير مبالغ فيه للحجم المولي الحقيقي.

Real gas: van der Waals equation

- The influence of non-ideality is greater when the gas is compressed (At high pressure and low temperature).
- When the volume of a gas is large (At low pressure and high temperature), the molecules are well dispersed and far apart. Under these conditions, $\mathbf{a/V^2}$ and **b** become insignificant with respect to **P** and **V**, respectively, and the van der Waals equation for the real gas reduces to the ideal gas equation: **PV = nRT**
- At these conditions, real gases behave in an ideal manner.
- A convenient means of expressing departure from ideality is by a plot of PV/RT as a function of pressure for 1 mole of each gas

يعني كل ما زودنا الضغط وقللنا الحراره فقربنا الجزيئات من بعض وبالتالي رح يصير في قوه تجاذب وطاقتها الحركيه قلت ومنه يظهر سلوك عدم المثاليه

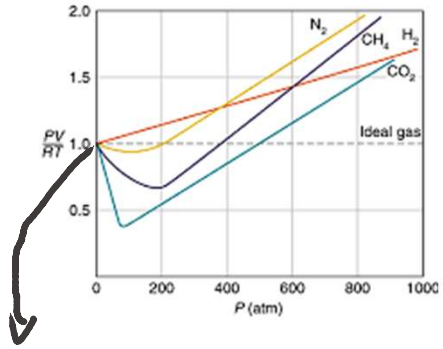
يعني اذا زودنا الحجم وقللنا الضغط وزدنا الحراره وبالتالي تتباعد الجزيئات اكثر تقل قوه التجاذب ومنه يتصرف الغاز كانه غاز مثالي ويتبع قانون الغاز المثالي

الغاز الحقيقي: معادلة فان دير فالس. يكون تأثير عدم المثالية أكبر عندما يكون الغاز مضغوطًا (عند ضغط عالٍ ودرجة حرارة منخفضة).

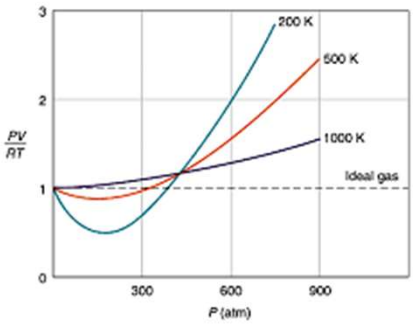
عندما يكون حجم الغاز كبيرًا (عند ضغط منخفض ودرجة حرارة عالية)، تكون الجزيئات متفرقة جيدًا ومتباعدة. في ظل هذه الظروف، يصبح a/V^2 و b ضئيلين بالنسبة إلى P و V، على التوالي، وتختزل معادلة فان دير فالس للغاز الحقيقي إلى معادلة الغاز المثالي: PV = nRT

في هذه الظروف، تتصرف الغازات الحقيقية بطريقة مثالية.

إحدى الوسائل المناسبة للتعبير عن الانحراف عن المثالية هي رسم PV/RT كدالة للضغط لمول واحد من كل غاز



عند الصفر اقرب ما يمكن للغاز المثالي ولكن كل ما زودنا الضغط زي ما نحنا شايفين ببعد عن سلوك الغاز المثالي



اما هون الفكره انه قعدنا نرفع درجات الحراره وبالتالي لما رفعنا درجه الحراره زادت الطاقه الحركيه للجزيئات فزاد الحجم الكلي وبالتالي تباعدت الجزيئات عن بعضها ومنه اصبحت تتصرف كسلوك اقرب للغاز المثالي

The liquid state

- The transitions from a gas to a liquid and from a liquid to a solid depend on both temperature and pressure.
- When a gas is cooled, it loses some of its kinetic energy in and the velocity of the molecules decreases.
- If pressure is applied to the gas, the molecules are brought within the range of the van der Waals forces and pass into the liquid state.

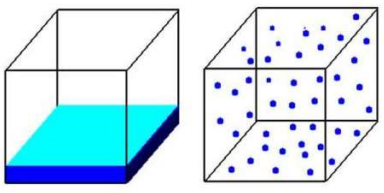
تعتمد التحولات من غاز إلى سائل ومن سائل إلى صلب على كل من درجة الحرارة والضغط.

عندما يتم تبريد الغاز، فإنه يفقد بعضًا من طاقته الحركية وتقل سرعة الجزيئات.

إذا تم تطبيق الضغط على الغاز، فإن الجزيئات تدخل ضمن نطاق قوى فان دير فال وتصبح في الحالة السائلة.

The liquid state

- Liquids are denser than gases and occupy a definite volume and density due to the presence of van der Waals forces.
- Liquids are relatively incompressible.
- Liquid are fluids (have no definite shape) like gases.

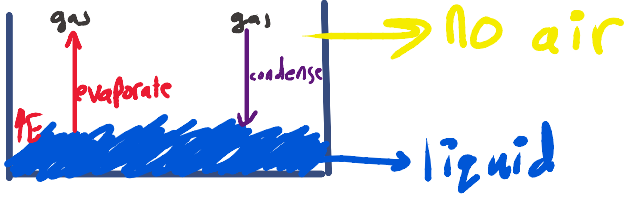


غازات أكثر كثافة وتشغل حجمًا وكثافة محددين بسبب وجود قوى فالس.

السوائل غير قابلة للانضغاط نسبيًا.

• السوائل هي موائع (لا تمتلك شكلًا محددًا) مثل الغازات.

كلمة fluids تعني الموائع : اللي هم السوائل والغازات
وهم بيشتركوا مع بعض بانه ما لهم شكل محدد وبختلفوا مع بعض بانه الحاله السائله لها حجم محدد اما الحاله الغازيه فليس لها حجم محدد



Vapor pressure of liquids

no air

- When a liquid is placed in an evacuated container at a constant temperature, the molecules with the highest energies break away from the surface of the liquid and pass into the gaseous state (evaporate), and some of the molecules subsequently return to the liquid state (condense).
- When the rate of condensation equals the rate of vaporization at a definite temperature, the vapor becomes saturated and a dynamic equilibrium is established.
- The pressure of the saturated vapor above the liquid is then known as the *equilibrium vapor pressure*.

هذا عباره عن الضغط الغاز فوق سطح السائل

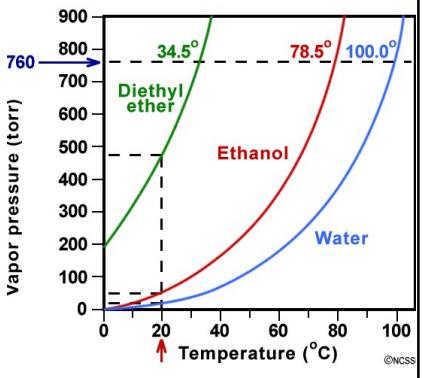
عندما يوضع سائل في وعاء مفرغ من الهواء عند درجة حرارة ثابتة، تنفصل الجزيئات ذات أعلى طاقات عن سطح السائل وتتحول إلى الحالة الغازية (تتبخر)، ثم تعود بعض الجزيئات لاحقًا إلى الحالة السائلة (تتكثف).

عندما يتساوى معدل التكثف مع معدل التبخر عند درجة حرارة معينة، يصبح البخار مشبعًا ويتحقق توازن ديناميكي.

يُعرف ضغط البخار المشبع فوق السائل بضغط بخار التوازن.

Vapor pressure of liquids

- As the temperature of the liquid is elevated, more molecule approach the velocity necessary for escape and pass into the gaseous state.
- As a result the vapor pressure increases with rising temperature.
- Any point on one of the curves represents a condition in which the liquid and the vapor exist together in equilibrium.



مع ارتفاع درجة حرارة السائل، تقترب الجزيئات من السرعة اللازمة للهروب والتحول إلى الحالة الغازية.

نتيجة لذلك، تزداد الضغط البخاري مع ارتفاع درجة الحرارة.

تمثل أي نقطة على أحد المنحنيات حالة يكون فيها السائل والبخار موجودين معًا في حالة توازن.

صح تعتمد على الحراره ولكن ايضا تختلف من سائل الى سائل فالنوع ايضا عامل مهم

Vapor pressure of liquids

- **Clausius–Clapeyron equation** expresses the relationship between the vapor pressure and the absolute temperature of a liquid:

$$ln\frac{P_2}{P_1} = \frac{\Delta H_v(T_2 - T_1)}{RT_1T_2}$$

- P_1 and P_2: vapor pressures at absolute temperatures T_1 and T_2.
- ΔHv: the molar heat of vaporization (the heat absorbed by 1 mole of liquid when it passes into the vapor state).
- R: molar gas constant

ضغط بخار السوائل. تعبر معادلة كلاوزيوس-كلابيرون عن العلاقة بين ضغط البخار ودرجة الحرارة المطلقة للسائل:

ضغوط البخار: P_1 و P_2 عند درجات الحرارة المطلقة T_1 و T_2.

ΔHv: الحرارة المولية للتبخر (الحرارة التي يمتصها مول واحد من السائل عند تحوله إلى الحالة البخارية). R: ثابت الغازات العام

الي بحدد النوع (الحراره النوعيه)

Vapor pressure of liquids

Example: Application of **Clausius–Clapeyron equation**

- Compute the vapor pressure of water at 120 °C. The vapor pressure of water at 100°C is 1atm, and ΔHv is 9720 cal/mole.

H.w:
جرب تبدل وتخلي p2
هي ال 1atm

$$ln\frac{P_2}{P_1} = \frac{\Delta H_v(T_2 - T_1)}{RT_1T_2}$$

$$ln\frac{P_2}{1} = \frac{9720(393 - 373)}{1.987 \times 393 \times 373}$$

$$P_2 = 1.95 \text{ atm}$$

Physical H.W

SAMSUNG Memo No. Date / /

$$\ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right) = \frac{\Delta H_v (T_2 - T_1)}{R\, T_1\, T_2}$$

$$\ln\left(\frac{1}{P_1}\right) = \frac{9720(373 - 393)}{1.987 \times 373 \times 393}$$

$$\ln\left(\frac{1}{P_1}\right) = -0.66741661$$

$$\ln 1 - \ln P_1 = -0.66741661$$

$$0 - \ln P_1 = -0.66741661$$

$$\ln P_1 = 0.66741661$$

* نأخذ معكوس الطرفين

$$e^{\ln P_1} = e^{0.66741661}$$

$$P_1 = 1.95 \text{ atm}$$

Vapor pressure of liquids

Example: Application of **Clausius–Clapeyron equation**

- The vapor pressure of water at 90°C is 0.692 atm, and at 110°C it is 1.34 atm. Calculate the average enthalpy of vaporization (ΔHv) of water over this temperature range, in cal/mol. Assume ideal behavior.

$$\ln\frac{P_2}{P_1} = \frac{\Delta H_v(T_2 - T_1)}{RT_1T_2}$$

$T_1 = 90 + 273 = 363\,\text{K}, \quad P_1 = 0.692\,\text{atm}$

$T_2 = 110 + 273 = 383\,\text{K}, \quad P_2 = 1.34\,\text{atm}$

$$\ln\frac{1.34}{0.692} = \frac{\Delta H_v(383 - 363)}{1.987 \times 383 \times 363}$$

$$\ln(1.936) = \frac{\Delta H_v \times 20}{1.987 \times 383 \times 363}$$

$$0.660 = \frac{\Delta H_v \times 20}{276,200}$$

$$\Delta H_v = \frac{0.660 \times 276,200}{20}$$

$$\Delta H_v \approx 9,115\,\text{cal/mol}$$

Vapor pressure of liquids

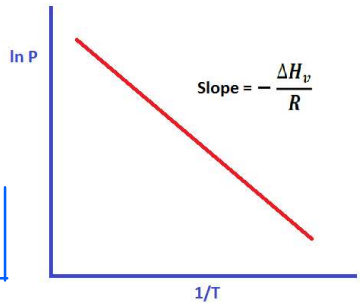
- The Clausius–Clapeyron equation can be written in a more general form:

يمكن كتابة معادلة كلاوزيوس-كلابيرون في شكل أكثر عمومية:

$$\boldsymbol{lnP = -\frac{\Delta H_v}{R}\frac{1}{T} + Constant}$$

or

$$\boldsymbol{logP = -\frac{\Delta H_v}{2.303\,R}\frac{1}{T} + Constant}$$

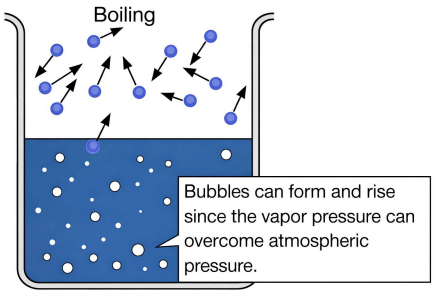


- A plot of ***lnP*** (or ***logP***) against **1/T** results in a straight line. The heat of vaporization of the liquid can be calculated from the slope of the line.

ينتج عن رسم lnP (أو logP) مقابل T/1 خط مستقيم. يمكن حساب حرارة تبخر السائل من ميل الخط.

Boiling point

- If a liquid is placed in an open container and heated until the vapor pressure equals the atmospheric pressure, the liquid starts to boil and escape into the gaseous state.
- The temperature at which the vapor pressure of the liquid equals the external or atmospheric pressure is known as the *boiling point*
- The absorbed heat used to change the liquid to vapor is called the *latent heat of vaporization.* هي نفسها $H_v\Delta$



إذا وُضع سائل في وعاء مفتوح وسُخّن حتى يتساوى ضغط بخاره مع الضغط الجوي، يبدأ السائل بالغليان والتحول إلى الحالة الغازية.

تُعرف درجة الحرارة التي يتساوى عندها ضغط بخار السائل مع الضغط الخارجي أو الجوي بنقطة الغليان

تُسمى الحرارة الممتصة المستخدمة لتحويل السائل إلى بخار بالحرارة الكامنة للتبخر.

Boiling point

- The temperature at which the vapor pressure of the liquid equals an atmospheric pressure of 1 atm is called *normal boiling point*
- At higher elevations, the atmospheric pressure decreases and the boiling point is lowered.
- At a pressure of 700 mm Hg, water boils at 97.7°C; at 17.5 mmHg, it boils at 20°C.
- The change in boiling point with pressure can be computed by using the **Clausius–Clapeyron equation.**

يعني اذا كان ال atmospheric معناها pressure equal 1atm هاي normal boiling point

اما اذا كان اي رقم غير 1atm معناها هاي boiling point

تسمى درجة الحرارة عند ضغط بخار السائل الذي يساوي ضغطًا جويًا قدره 1 ضغط جوي بنقطة الغليان العادية

عند الارتفاعات العالية، ينخفض الضغط الجوي وتنخفض نقطة الغليان.

عند ضغط 700 مم زئبق، يغلي الماء عند 97.7 درجة مئوية، وعند 17.5 مم زئبق، يغلي عند 20 درجة مئوية.

يمكن حساب تغير نقطة الغليان مع الضغط باستخدام معادلة كلاوزيوس-كلابيرون معادلة.

Boiling point

- The boiling point can be considered the temperature at which thermal agitation can overcome the attractive forces between the molecules of a liquid.
- The boiling point of a compound, like the heat of vaporization and the vapor pressure, depends on the magnitude of the attractive forces.
- Nonpolar substances have low boiling points and low heats of vaporization because the molecules are held together predominantly by the weak London forces.
- Polar molecules (e.g. water) exhibit high boiling points and high heats of vaporization because they are associated through hydrogen bonds.

كل ما زادت قوى الترابط بين الجزيئات زادت ال boiling point

يمكن اعتبار نقطة الغليان هي درجة الحرارة التي يمكن عندها للتحريك الحراري التغلب على قوى التجاذب بين جزيئات السائل.

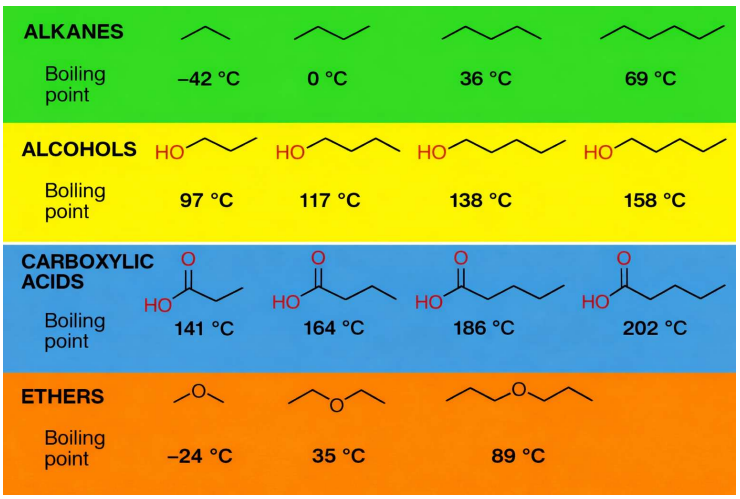
تعتمد نقطة غليان المركب، مثل حرارة التبخر وضغط البخار، على مقدار قوى التجاذب.

تتميز المواد غير القطبية بانخفاض نقاط الغليان وحرارة التبخر لأن جزيئاتها مترابطة بشكل أساسي بواسطة قوى لندن الضعيفة. •

تُظهر الجزيئات القطبية (مثل الماء) نقاط غليان عالية وحرارة تبخر عالية لأنها مرتبطة من خلال روابط هيدروجينية.

Boiling point

- The boiling points of normal hydrocarbons, simple alcohols, and carboxylic acids increase with molecular weight because van der Waals forces become greater with increasing numbers of atoms.

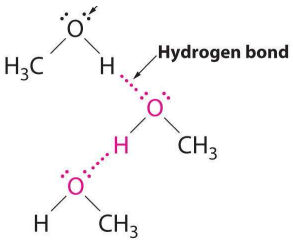


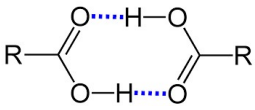
الدكتور قال ممكن يجيب سؤال انه نرتب من ناحية ال boiling point فلازم نكون عارفين متى بتزيد ومتى بتنقص

تزداد نقاط غليان الهيدروكربونات العادية والكحولات البسيطة والأحماض الكربوكسيلية مع الوزن الجزيئي لأن قوى فان دير فالس تصبح أكبر مع زيادة عدد الذرات.

Boiling point

- Alcohols boil at a much higher temperature than saturated hydrocarbons of the same molecular weight because of association of the alcohol molecules through hydrogen bonding.
- The boiling points of carboxylic acids are higher than that of alcohols because the acids form dimers through hydrogen bonding. That can persist even in the vapor state





carboxylic acids > alcohols > hydrocarbons

نقطة غليان أعلى من نقاط غليان مركبات الكربون المشبعة ذات الوزن الجزيئي نفسه بسبب ارتباط جزيئات الكحول من خلال الروابط الهيدروجينية

نقاط غليان الأحماض الكربوكسيلية أعلى من نقاط غليان الكحولات لأن الأحماض تُشكل ثنائيات من خلال روابط هيدروجينية. يمكن أن تستمر هذه الروابط حتى في الحالة البخارية

Boiling point

- Branching of the chain produces a less compact molecule with reduced intermolecular attraction, and a decrease in the boiling point.

Name	Formula	Boiling point (°C) at 1 atm. (~101.33 kPa)
Methanol	CH_3OH	~64.7
Ethanol	CH_3CH_2OH	~78.3
Propanol	$CH_3CH_2CH_2OH$	~97.2
Isopropanol	$CH_3CH(OH)CH_3$	~82.3
Butanol	$CH_3CH_2CH_2CH_2OH$	~117.7
Isobutyl alcohol	$CH_3CH(CH_3)CH_2OH$	~108
sec-Butanol	$CH_3CH_2CH(OH)CH_3$	~99.5
tert-Butanol	$(CH_3)_3COH$	~82.5

كل ما زاد التفرع قلت الروابط بين الجزيئات سبب زياده المسافه وبالتالي قلت ال boiling point

ينتج عن تفرع السلسلة جزيء أقل كثافة مع تقليل التجاذب بين الجزيئات، وانخفاض في درجة الغليان.

Solid state

- Solid particles are made up of molecules, atoms or ions that are held in close proximity to each other.
- They are much denser than both gases and liquids due to the presence of very strong forces between molecules, atoms or ions.
- Solids are unique because their physical form (the packing of molecules and the size and shape of particles) can have an influence on the way the material will behave.
- Solids may be crystalline or amorphous (or a combination of both).

تتكون الجسيمات الصلبة من جزيئات أو ذرات أو أيونات متقاربة جدًا من بعضها البعض.

وهي أكثر كثافة من الغازات والسوائل بسبب وجود قوى شديدة بين الجزيئات أو الذرات أو ايونات

تتميز المواد الصلبة بأن شكلها الفيزيائي (تراص الجزيئات وحجم وشكل الجسيمات) يمكن أن يؤثر على سلوك المادة.

قد تكون المواد الصلبة بلورية أو غير بلورية (أو مزيجًا من الاثنين).

Solid state

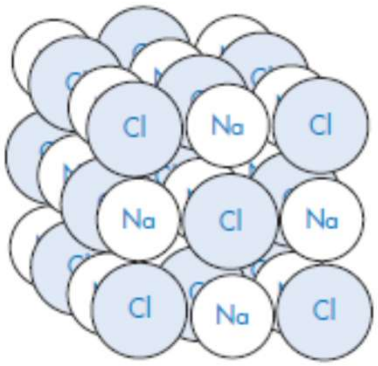
- Crystalline materials are those in which the units (i.e. molecules, ions or atom) are packed in a defined order, and this same order repeats over and over again throughout the particle.
- The forces of interaction between units include:
  - metallic bonds
  - covalent bonds (e.g. Diamond)
  - ionic bonds (between ions in salts such as NaCl crystals)
  - hydrogen bonds (between molecules),
  - van der Waal's forces

شو يعني crystalline material ؟ انه الذرات او ايونات او جزيئات مرتبه بترتيب معين ومكرر

بين المعادن (الرابطه الفلزيه)

المواد البلورية هي تلك التي تكون فيها الوحدات (أي الجزيئات أو الأيونات أو الذرات) معبأة بترتيب محدد، ويتكرر هذا الترتيب نفسه مرارًا وتكرارًا في جميع أنحاء الجسيم.

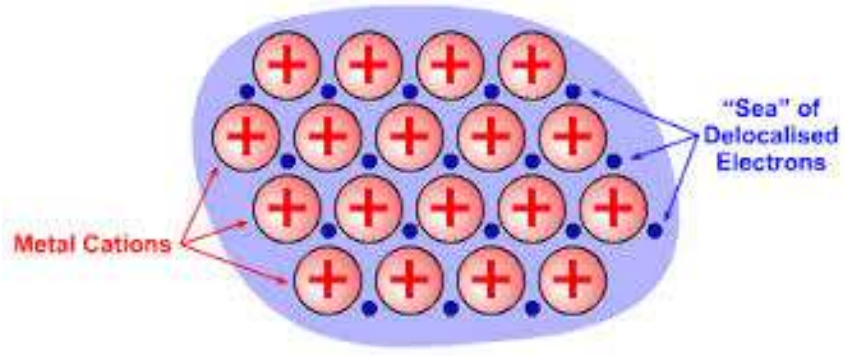
Ionic bonds



Space lattice of sodium chloride crystal. Each sodium ion is octahedrally surrounded by six chloride ions and each chloride ion is octahedrally surrounded by six sodium ions.

الشبكة الفراغية لبلورة كلوريد الصوديوم. كل أيون صوديوم محاط بشكل ثماني الأوجه بستة أيونات كلوريد، وكل أيون كلوريد محاط بشكل ثماني الأوجه بستة أيونات صوديوم.

Metallic bonds

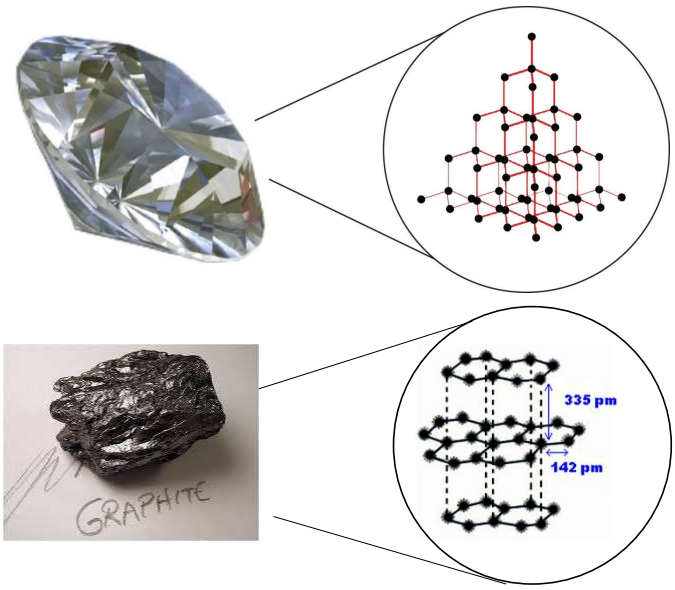


Electrons are not bonded to any particular atom and are free to move about in the solid

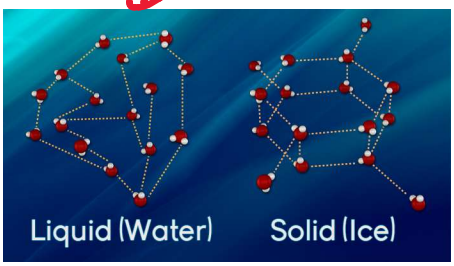
الإلكترونات غير مرتبطة بأي ذرة معينة وهي حرة في التحرك في المادة الصلبة

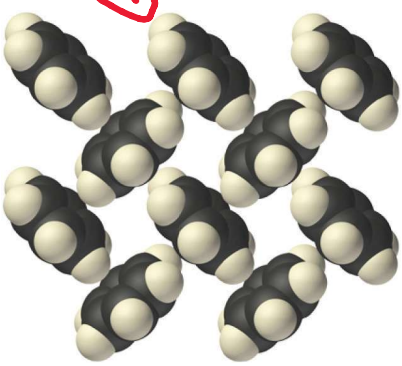
نلاحظ هون انه هو نفس ال Base الي هو الكربون بس بسبب اختلاف في الترتيب نتجت عندنا بلورات مختلفه

Covalent bonds



Hydrogen and Van der Waals bonds





The structure of solid benzene

Solid state

- Crystalline solids have a melting point which is the temperature at which crystal lattice breaks down.
- Crystals with weak forces holding the molecules together will have low melting points, whereas crystals with strong attractive forces will have high melting point.

Increasing Strength

Substance	Bonding	MP
CH_4	van der Waals'	-182°C
CH_3F	dipole-dipole	-141°C
CH_3OH	hydrogen bonds	-93°C
Al	metallic	660°C
AlF_3	ionic	1291°C
C	covalent	3550°C

تتميز المواد الصلبة البلورية بنقطة انصهار، وهي درجة الحرارة التي تتفكك عندها الشبكة البلورية.

البلورات ذات القوى الضعيفة التي تربط الجزيئات معًا لها نقاط انصهار منخفضة، بينما البلورات ذات قوى التجاذب القوية لها نقاط انصهار عالية.

Crystallization

- Crystals are produced by inducing a change from the liquid or gas state to the solid state by either:

Crystallization from melt

- Cooling of a molten sample to below its melting point.

Crystallization from solution

- To make a supersaturated solution by:
  - Removing the liquid by evaporation
  - Cooling the solution, as most materials become less soluble as temperature is decreased
  - Adding antisolvent (another liquid which will mix with the solution, but in which the solute has low solubility)

antisolvent بقلل الذائبية

Crystallization from vapor

التبلور من البخار

تُنتج البلورات عن طريق إحداث تغيير من الحالة السائلة أو الغازية إلى الحالة الصلبة إما عن طريق:

إالتبلور من المصهور
• تبريد عينة منصهرة إلى ما دون درجة انصهارها.

التبلور من المحلول
• لعمل محلول فوق مشبع عن طريق:
إزالة السائل بالتبخير
- تبريد الحل، حيث تصبح معظم المواد أقل قابلية للذوبان مع انخفاض درجة الحرارة
-اضافة مضاد المذيب (سائل آخر يختلط مع المحلول، ولكن الذي يكون فيه المذاب ذو قابلية ذوبان منخفضة)

عشان اعمل crystalline لازم يكون عندي محلول supersaturated ال saturated ما بقدر اذوب فيه كمية اضافية
واحنا بنعرف انه كل ما زودنا الحراره بتزيد الذائبيه فبالتالي انا بجيب محلول على درجه حراره عاليه وبذوب في اكبر كميه ثم ببرده وبالتالي صار عندي محلول super saturated

Crystallization

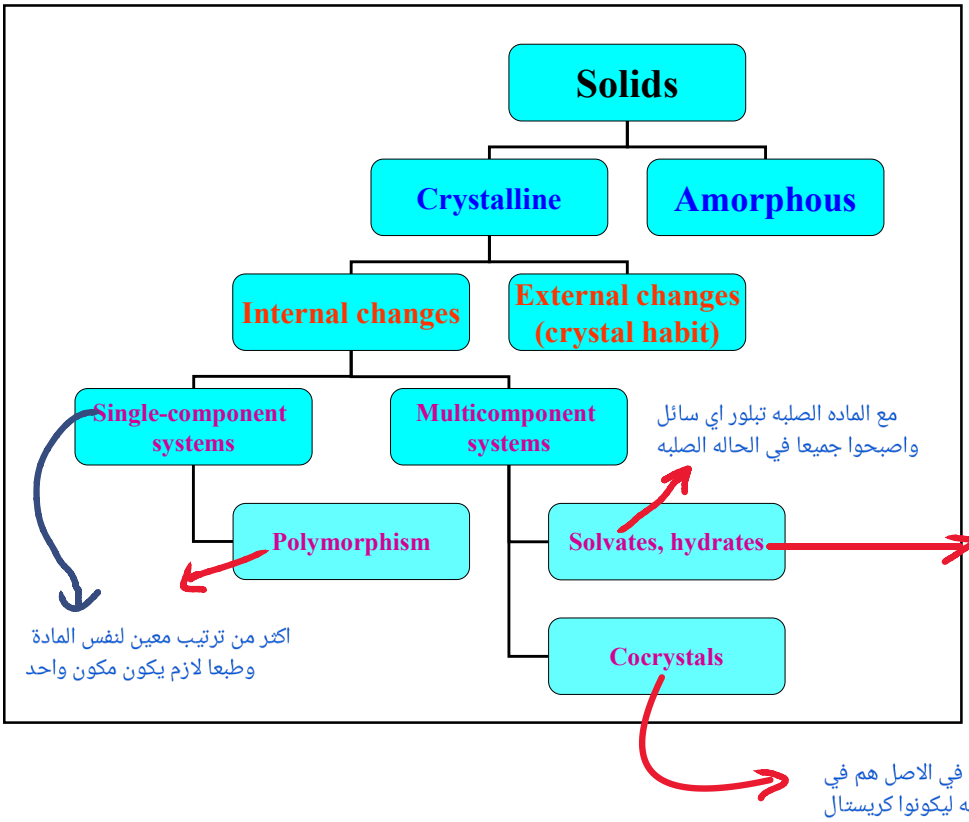
- The processes by which a crystal forms are called ***nucleation*** and ***growth***.
- Nucleation is the formation of a small mass on to which a crystal can grow.
- Growth is the addition of more solute molecules to the nucleation site.
- In order to achieve nucleation and growth it is necessary to have a supersaturated solution.

تسمى العمليات التي تتشكل من خلالها البلورة بالتنوي والنمو.

التنوي هو تكوين كتلة صغيرة يمكن أن تنمو عليها البلورة.

النمو هو إضافة المزيد من جزيئات المذاب إلى موقع التنوي.

من أجل تحقيق التنوي والنمو، من الضروري وجود محلول فوق مشبع.



Polymorphism

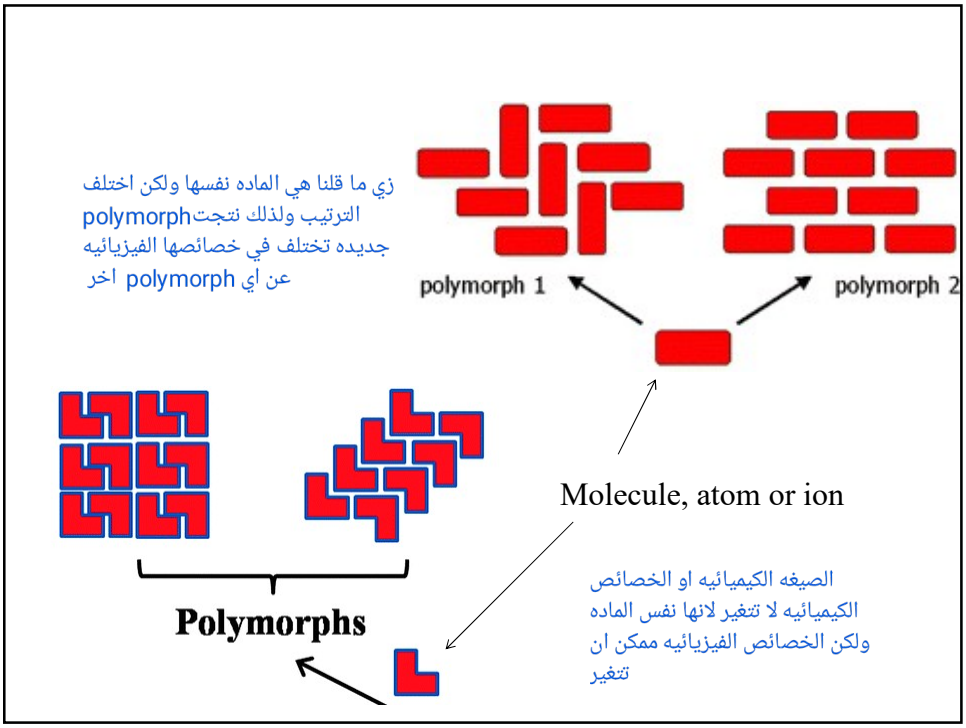
- The ability of material to exist in more than one packing pattern (leading to crystals with different internal structure = different crystal lattice) is termed polymorphism
- Number of polymorphs ≥ 2
- If the crystallization conditions are changed, it is possible that the molecules may start to form crystals with a different packing pattern from that which occurred with the original conditions.
- The change in condition could be :
  - A different solvent
  - Change in the stirring
  - Different cooling conditions
  - Different impurities in the crystallization liquid

تُسمى قدرة المادة على التواجد في أكثر من نمط تعبئة واحد (مما يؤدي إلى بلورات ذات بنية داخلية مختلفة = شبكة بلورية مختلفة) بتعدد الأشكال

بس مو شرط اذا غيرنا الطريقه انه يعطيني polymorph جديد ولكنه ممكن

إذا تغيرت ظروف التبلور، فمن الممكن أن تبدأ الجزيئات في تكوين بلورات بنمط تعبئة مختلف عن ذلك الذي حدث مع الظروف الأصلية.

يمكن أن يكون التغيير في الحالة:
مذيب مختلف
تغيير في التحريك
ظروف تبريد مختلفة
شوائب مختلفه في سائل التبلور



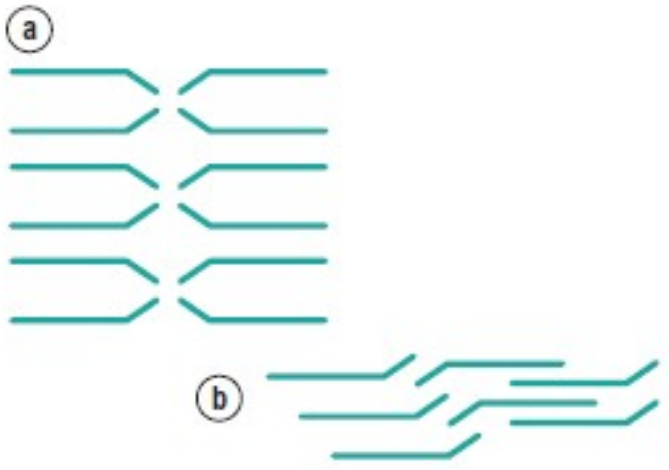
A&b chemically are the same

كثافهa اقل من كثافه b لانه الفراغات في a اكبر وبالتالي حجم اكبر ومنها تقل الكثافه

قوه الروابط بين الجزيئات اكثر في b لانه الجزيئات اقرب الى بعض وبالتالي melting point لها اعلى

الذوبان فيa اعلى لانه intermolecular forces اضعف

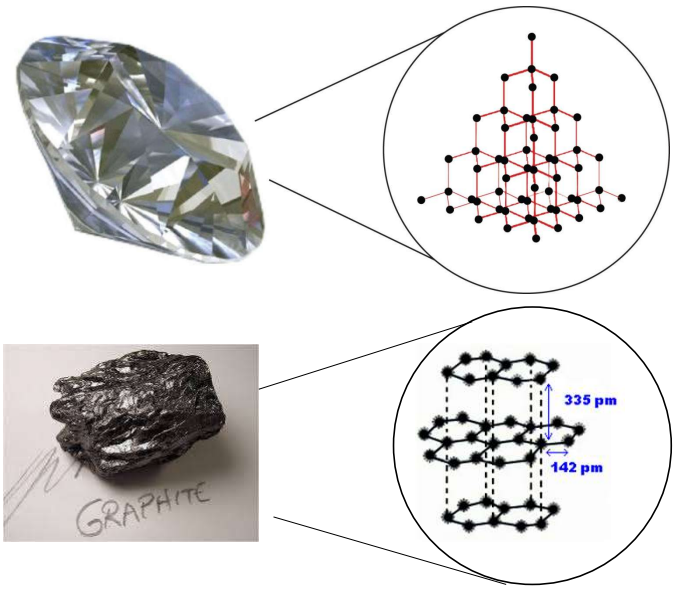
قساوه الماده في b اعلى وبالتالي هي اصعب في الطحن



A representation of two polymorphic forms of a crystal consisting of a molecule shown as a 'hockey stick' shape.

تمثيل لشكلين متعددين لبلورة تتكون من جزيء موضح على شكل عصا هوكي.

Covalent bonds



اي مادة غير المادة الفعالة

Polymorphism

- Many drugs and excipients exhibit polymorphism.
- Different polymorphs have different physcial properties such as: true density, melting point, apparent solublity, dissolution rate, hardness, hygroscopicity ….
- For a compound that exhibits polymorphism, only one of the forms will be the most thermodynamically favorable (stable) at room temperature and the other(s) is/are termed metastable
- Transformation of the metastable polymorph(s) to the stable one may occur and may be catalyzed by:
  - Energy (heating, milling)
  - Presence of solvent

• تُظهر العديد من الأدوية والمواد المساعدة تعدد الأشكال.

تتميز الأشكال المتعددة المختلفة بخصائص فيزيائية مختلفة مثل: الكثافة الحقيقية، ونقطة الانصهار، والذوبانية الظاهرية، ومعدل الذوبان، والصلابة، واسترطابية.

بالنسبة للمركب الذي يُظهر تعدد الأشكال، سيكون أحد الأشكال فقط هو الأكثر استقرارًا من الناحية الديناميكية الحرارية عند درجة حرارة الغرفة، بينما يكون الشكل (الأشكال) الآخر غير مستقر. يُطلق عليه اسم شبه مستقر

قد يحدث تحول الشكل (الأشكال) المتعدد غير المستقر إلى الشكل المستقر، وقد يتم تحفيزه بواسطة: - الطاقة (التسخين، الطحن) وجود المذيب

ال metastable هي تتراوح بين unstable و highly stable وهي اقرب ل highly stable بس مش 100% وبالتالي هي موجودة ولكن بشكل اقل

مهم

Physical properties of pharmaceutical significance that may be affected by polymorphism

Physical property	Examples on pharmaceutical importance
Melting point	Suppository base (Theobroma oil)
Apparent solubility	Poorly soluble drugs
Dissolution rate	Poorly soluble drugs
Hardness	Milling, Tableting (paracetamol)
Hygroscopicity	Chemical stability
Rates of solid state reactions	Chemical stability
Habit (i.e., shape)	Powder flow, mixing

Polymorphism

- In general there will be the following correlation between the melting point of different polymorphs and their dissolution rate:

High melting point = strong lattice = hard to remove molecules = low dissolution rate (and vice versa)

- The stable form has the highest melting point → slowest dissolution.

- When a metastable polymorphic form is dissolved it can give a greater amount of material in solution than the saturated solution. These supersaturated solutions will eventually return to the equilibrium solubility due to the precipitation of stable crystal form.

بشكل عام، ستكون هناك العلاقة التالية بين درجة انصهار الأشكال المتعددة المختلفة ومعدل ذوبانها:

درجة انصهار عالية = شبكة قوية = صعوبة إزالة الجزيئات = معدل ذوبان منخفض (والعكس صحيح)

الشكل المستقر لديه أعلى نقطة انصهار → إذابة أبطأ.

عند إذابة شكل متعدد الأشكال شبه مستقر، فإنه يمكن أن يعطي كمية أكبر من المادة في المحلول مقارنة بالمحلول المشبع. ستعود هذه المحاليل فوق المشبعة في النهاية إلى حالة الذوبان المتوازنة بسبب ترسب الشكل البلوري المستقر.

Polymorphism and bioavailability

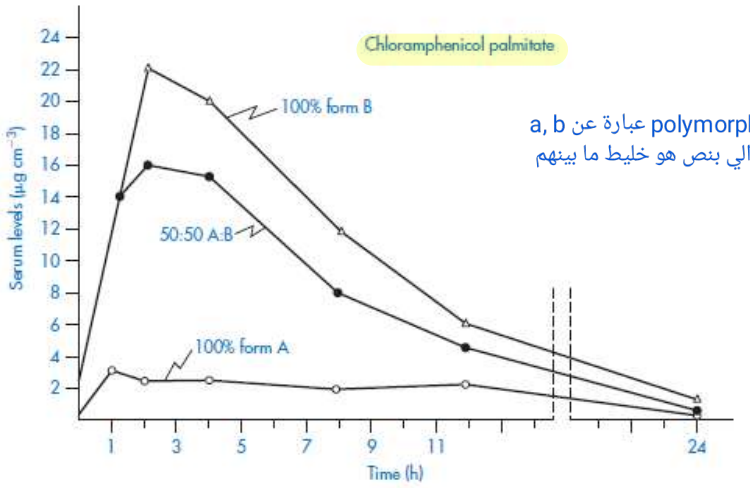
- Many drugs are hydrophobic and have limited aqueous solubility resulting in only a small percentage of the administered drug actually being available to the patient (low bioavailability).

the amount and rate of a drug that reaches the bloodstream and can be used by the body

- Importance of polymorphism in bioavailability is related to different solubility and dissolution rate for different polymorphs, which might be significant (e.g. chloramphenicol palmitate).

العديد من الأدوية كارهة للماء ولها قابلية ذوبان محدودة في الماء مما يؤدي إلى أن نسبة صغيرة فقط من الدواء المُعطى تكون متاحة للمريض (انخفاض التوافر الحيوي).

ترتبط أهمية تعدد الأشكال في التوافر الحيوي باختلاف قابلية الذوبان ومعدل الذوبان للأشكال المتعددة المختلفة، والتي قد تكون ذات أهمية (مثل بالميتات الكلورامفينيكول).



a, b عبارة عن polymorphs
والي بنص هو خليط ما بينهم

المساحه تحت المنحنى كل ما زادت زادت ال bioavailability

عشان يبين لنا انه ال bioavailability و خصائص مثل dissolution rate و solubility ممكن تختلف من لاخر polymorph

Comparison of serum levels (μ g cm-3) obtained with suspensions of chloramphenicol palmitate after oral administration of a dose equivalent to 1.5 g of chloramphenicol.

مقارنة مستويات المصل (ميكروغرام/سم-3) التي تم الحصول عليها باستخدام معلقات بالميتات الكلورامفينيكول بعد تناول جرعة فموية تعادل 1.5 غرام من الكلورامفينيكول.

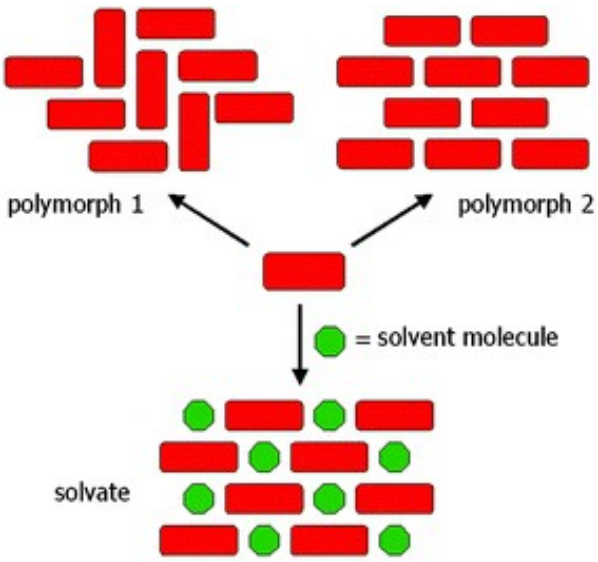
Hydrates and solvates (pseudopolymorphs)

- Entrapment of molecules of the solvent within the crystal lattice in a stoichiometric ratio leads to solvates. If the solvent is water they are termed hydrates.
- It is possible for a material to have many different levels of hydrate.
- In general it is undesirable to use solvates for pharmaceuticals because the presence of retained organic solvents would be regarded as unnecessary impurity in the product.

يؤدي احتجاز جزيئات المذيب داخل الشبكة البلورية بنسبة قياسية إلى تكوين المذيبات. إذا كان المذيب هو الماء، فإنها تسمى هيدرات.

• من الممكن أن تحتوي المادة على مستويات مختلفة من الهيدرات.

بشكل عام، من غير المرغوب فيه استخدام المذيبات في المستحضرات الصيدلانية لأن وجود المذيبات العضوية المحتجزة سيُعتبر شوائب غير ضرورية في المنتج.



Hydrates and solvates (pseudopolymorphs)

- Hydrates often have very different properties from the anhydrous form in the same way as two different polymorphs have different properties from each other.

- It is possible that the hydrates have either faster or slower dissolution rate than anhydrous form. The most common situation is that hydrates have slower dissolution than anhydrous.

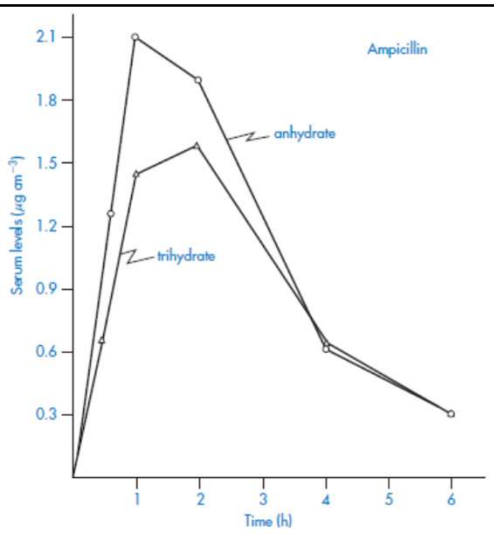
يعني هو ممكن يكون اسرع او ابطا ولكن بشكل عام الاكثر شهره انه يكون ابطأ

Table 1.4 Intrinsic dissolution rates of the crystal forms of oxyphenbutazone[a]

Sample	Intrinsic dissolution rate[b] ($\mu g\ min^{-1}\ cm^{-2}$)
Solvate C	21.05 ± 0.02
Solvate B	18.54 ± 0.47
Anhydrate	14.91 ± 0.47
Hemihydrate	17.01 ± 0.78
Monohydrate	9.13 ± 0.23

[a] Reproduced from A. P. Lotter and J. G. van der Walt, *J. Pharm. Sci.*, 77, 1047 (1988).

[b] Mean ± range of uncertainty of two determinations.



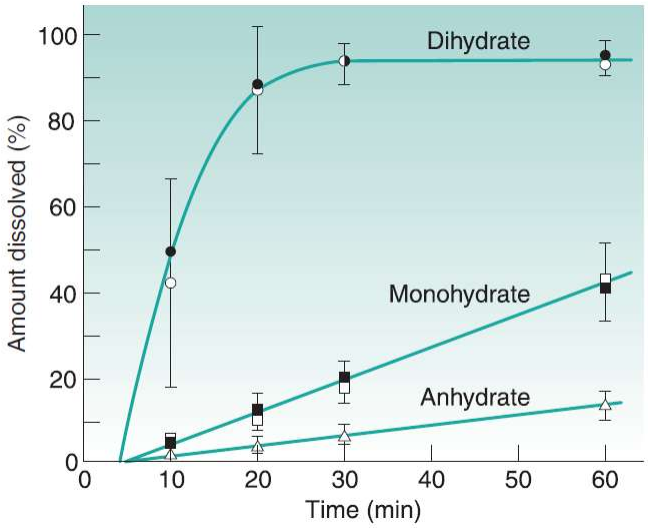
Serum levels ($\mu g\ cm^{-3}$) *obtained after oral administration of a suspension containing 250 mg ampicillin as* the anhydrate and as the trihydrate.

زي ما قلنا بشكل عام انه يكون ابطا وهون ابطا

مستويات المصل (ميكروغرام/سم3) التي تم الحصول عليها بعد تناول معلق يحتوي على 250 ملغ من الأمبيسيلين عن طريق الفم على شكل أنهيدريد وثلاثي الهيدرات.

وبهي الحاله بنشوف انه
هون اسرع يعني عكس
الحاله العامه

هون احنا ذوبناه خارجيا
يعني مو داخل جسم كائن
حي وبالتالي مافي
عشان هيك elimination
ما بتناقص المنحنى



The dissolution behaviour for erythromycin as the anhydrate, monohydrate and dihydrate, showing a progressively faster dissolution rate as the level of hydrate is increased. Adapted from Allen et al., 1978

سلوك ذوبان
الإريثروميسين في
صورته اللامائية، أحادية
الهيدرات، وثنائية
الهيدرات، مما يُظهر
معدل ذوبان أسرع
تدريجيًا مع زيادة
مستوى الهيدرات.

Dehydration/Desolvation

- Hydrates and solvates are less stable at higher temperatures.

- Indeed, heating has been routinely applied to remove crystallization solvents that are incorporated into the lattice, i.e., desolvation.

• تكون الهيدرات والمذيبات
أقل استقرارًا عند درجات
حرارة أعلى.

في الواقع، يتم تطبيق
التسخين بشكل روتيني
لإزالة مذيبات التبلور
المدمجة في الشبكة، أي
إزالة المذيبات.

Cocrystals

- Co-crystals can be defined as crystalline complexes of two or more neutral molecular constituents bound together in the crystal lattice through noncovalent interactions (primarily hydrogen bonding).

- The distinction between cocrystals and crystalline solvates is that a cocrystal comprises an API plus a pharmaceutically acceptable cocrystal former that is a solid at room temperature, rather than a liquid (as in a solvate)

يمكن تعريف البلورات المشتركة بأنها مركبات بلورية من مكونين جزيئيين متعادلين أو أكثر مرتبطة معًا في الشبكة البلورية من خلال تفاعلات غير تساهمية (بشكل أساسي روابط هيدروجينية).

الفرق بين البلورات المشتركة والمذيبات البلورية هو أن البلورة المشتركة تتكون من مادة فعالة بالإضافة إلى مُكوِّن بلوري مشترك مقبول صيدلانيًا يكون صلبًا في درجة حرارة الغرفة، وليس سائلًا (كما هو الحال في المذيب)

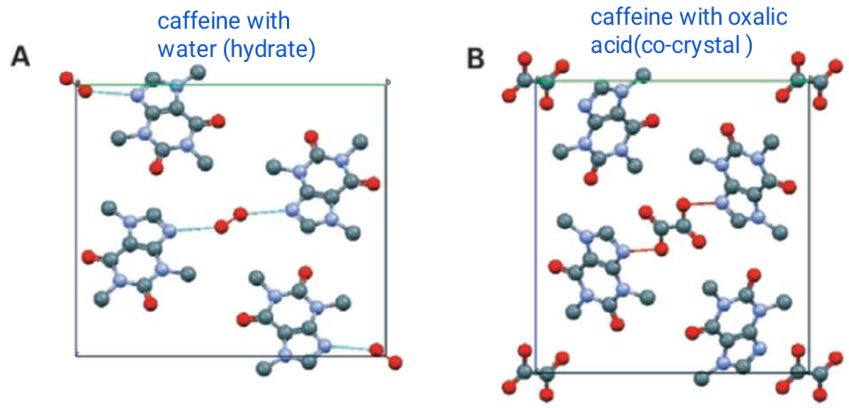
Pharmaceutical cocrystals

- The formation of pharmaceutical co-crystals involves incorporation of a given API with another pharmaceutically acceptable molecule (pharmaceutical excipients or other APIs) in the crystal lattice.

- The resulting multi-component crystalline phase will maintain the intrinsic activity of the parent API while possessing a distinct physicochemical profile.

يتضمن تكوين البلورات المشتركة الصيدلانية دمج مادة فعالة معينة مع جزيء آخر مقبول صيدلانيًا (سواغات صيدلانية أو مواد فعالة أخرى) في الشبكة البلورية.

• ستحافظ المرحلة البلورية متعددة المكونات الناتجة على النشاط الجوهري للمادة الفعالة الأصلية مع امتلاكها لملف فيزيائي كيميائي مميز.



Example of two-component caffeine crystals, the monohydrate (A) and the co-crystal with oxalic acid (B). The unit cells of the crystals viewed along the a-axis are shown. The hydrate incorporates the solvent (water) molecule in the crystal lattice, while the co-crystal consists of two solid compounds. Note that in both structures, the same hydrogen bridges (shown by dotted lines) are involved to connect the host (caffeine) with guest (water or oxalic acid) molecules.

إمثال على بلورات الكافيين ثنائية المكونات، أحادي الهيدرات (A) والبلورة المشتركة مع حمض الأكساليك (B). تظهر خلايا الوحدة للبلورات عند النظر إليها على طول المحور a. يدمج الهيدرات جزيء المذيب (الماء) في الشبكة البلورية، بينما تتكون البلورة المشتركة من مركبين صلبين. لاحظ أنه في كلا التركيبين، تشارك نفس الجسور الهيدروجينية (الموضحة بخطوط منقطة) في ربط المضيف (الكافيين) بجزيئات الضيف (الماء أو حمض الأكساليك).

Pharmaceutical cocrystals

- Properties that relate to pharmaceutical performance and that can be controlled by cocrystal formation include
  - melting point,
  - dissolution,
  - hygroscopicity,
  - Bioavailability
  - -solubility,
  - -chemical stability,
  - -mechanical properties,

Potential advantages of cocrystals:

- Improved solubility, dissolution rate and bioavailability
- Improved chemical and physical stability

الخصائص المتعلقة بالأداء الصيدلاني والتي يمكن التحكم بها عن طريق تكوين البلورات المشتركة تشمل :-

المزايا المحتملة للبلورات المشتركة:
تحسين الذوبانية، ومعدل الذوبان، والتوافر الحيوي
تحسين الاستقرار الكيميائي والفيزيائي

Pharmaceutical cocrystals

Potential advantages of cocrystals:

1. Improved physical stability (inhibit moisture-induced phase-transformations)
   - The caffeine/oxalic acid co-crystals have been demonstrated to be superior to caffeine anhydrate in terms of physical stability to humidity
2. Improved chemical stability
   - Carbamazipine cocrystal formation inhibits photodegradation of carbamazipine by altering the molecular arrangements in the solid state and by preventing hydrate formation.
3. Changing the melting point of an API
   - Changing the melting point of an API provides advantages in pharmaceutical processes; for example when a melted state of a thermally labile API is desired during some processes such as hot melt extrusion

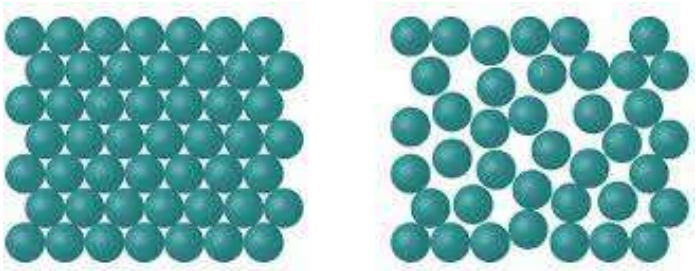
• تحسين الاستقرار الفيزيائي (منع التحولات الطورية الناتجة عن الرطوبة)
ثبت أن بلورات الكافيين/حمض الاكساليك تتفوق على الكافيين غير المائي من حيث الاستقرار الفيزيائي تجاه الرطوبة

• استقرار كيميائي محسن
يمنع تكوين البلورات المشتركة للكاربامازيبين التحلل الضوئي للكاربامازيبين عن طريق تغيير الترتيبات الجزيئية في الحالة الصلبة ومنع تكوّن الهيدرات.

تغيير درجة انصهار المادة الفعالة،
يوفر تغيير درجة انصهار المادة الفعالة الدوائية مزايا في العمليات الصيدلانية، على سبيل المثال عندما تكون الحالة المنصهرة للمادة الفعالة الدوائية غير المستقرة حرارياً مرغوبة أثناء بعض العمليات مثل البثق بالذوبان الساخن

The amorphous state

- When a material is in the solid state but the molecules are not packed in a repeating long-range ordered fashion, it is said to be *amorphous*.
- Amorphous state may exhibit some degree of molecular arrangement, but no long-range ordered molecules.



Crystalline Amorphous

• عندما تكون المادة في الحالة الصلبة ولكن جزيئاتها غير مرتبة بشكل منتظم طويل المدى، يُقال إنها غير متبلورة.

قد تُظهر الحالة غير المتبلورة درجة معينة من الترتيب الجزيئي، ولكن لا توجد جزيئات مرتبة طويلة المدى.

The amorphous state

- Polymeric materials have molecules that are so large and flexible that it is not possible for them to align perfectly to form crystals.
- For these materials it will be usual to have ordered regions within the structure surrounded by disorder, so they are described as semicrystalline.
- Amorphous form in low molecular weight material may be produced by:
  - Rapid solidification of the melt
  - Spray or Freeze drying
  - Milling of crystalline material

تحتوي المواد البوليمرية على جزيئات كبيرة ومرنة للغاية بحيث لا يمكن لها أن تصطف بشكل مثالي لتشكيل بلورات.

بالنسبة لهذه المواد، من المعتاد أن تحتوي على مناطق مرتبة داخل البنية محاطة بالفوضى، لذلك توصف بأنها شبه بلورية.

يمكن إنتاج الشكل غير المتبلور في المواد ذات الوزن الجزيئي المنخفض عن طريق:
التصلب السريع للمصهور
- التجفيف بالرش أو التجميد
- طحن المادة البلورية

The amorphous state

- Amorphous solids have different properties from the crystalline form of the same material:
  1. They tend to flow when subjected to sufficient pressure over a period of time
  2. They do not have definite melting point.
  3. They have a characteristic temperature called glass transition temperature (Tg). If the sample is stored below the Tg the amorphous form will be brittle and is described as the glassy state. If the sample is above its Tg it becomes rubbery.
  4. They have higher solubility and bioavailability.
  5. They have the ability to absorb water in much larger quantities than crystalline materials.
  6. They have low chemical and physical stability (overtime, amorphous solid may transform to the more stable crystalline state).

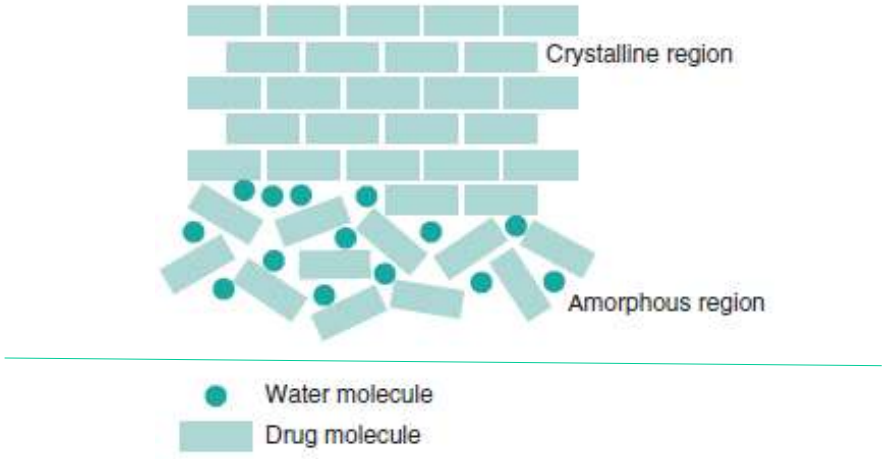
للمواد الصلبة غير المتبلورة خصائص مختلفة عن الشكل البلوري لنفس المادة:
- تميل إلى التدفق عند تعرضها لضغط كافٍ لفترة من الزمن ليس لها نقطة انصهار محددة.

- لها درجة حرارة مميزة تسمى درجة حرارة التحول الزجاجي (Tg). إذا تم تخزين العينة تحت درجة حرارة التحول الزجاجي، فسيكون الشكل غير المتبلور هشًا ويوصف بأنه الحالة الزجاجية. إذا كانت العينة فوق درجة حرارة التحول الزجاجي، فإنها تصبح مطاطية.

- لديها قابلية ذوبان أعلى و التوافر الحيوي.

- لديها القدرة على امتصاص الماء بكميات أكبر بكثير من المواد البلورية.

لديها استقرار كيميائي وفيزيائي منخفض (بمرور الوقت، قد يتحول الصلب غير المتبلور إلى بلوري أكثر استقرارًا) state).



The disruption of a crystal giving the possibility for water vapor absorption in the amorphous region

يعني المنطقه غير المتبلورة ممكن تمتص الرطوبه وبالتالي هي less stable

تفكك البلورة مما يتيح إمكانية امتصاص بخار الماء في المنطقة غير المتبلورة

Degree of crystallinity

- The crystalline state characterized by perfectly ordered crystal lattice and amorphous state characterized by a disordered lattice represent two extremes and intermediate states are possible.
- The term *degree of crystallinity* is useful in attempts to quantify these intermediate states of lattice order
- The *degree of crystallinity* has a big influence on physical properties of materials like hardness, density…

تمثل الحالة البلورية، التي تتميز بشبكة بلورية مرتبة تمامًا، والحالة غير المتبلورة، التي تتميز بشبكة غير مرتبة، طرفين متطرفين، والحالات الوسيطة ممكنة.

يُعد مصطلح درجة التبلور مفيدًا في محاولات تحديد هذه الحالات الوسيطة من ترتيب الشبكة كميًا.

تؤثر درجة التبلور بشكل كبير على الخصائص الفيزيائية للمواد مثل الصلابة والكثافة...

Crystal habit

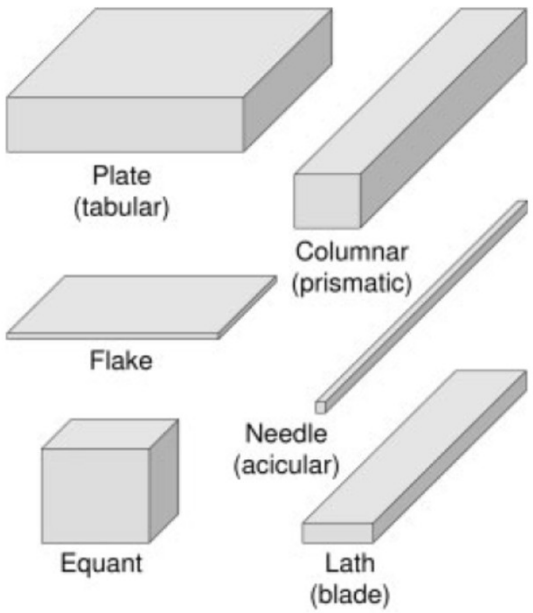
- The external shape of crystal is termed crystal habit.
- Different crystal habits result from different growth rates of different crystal faces.
- The slowest growing face becomes the largest.

• يُطلق على الشكل الخارجي للبلورة اسم شكل البلورة.

• تنتج أشكال البلورات المختلفة عن معدلات نمو مختلفة لأوجه البلورة المختلفة.

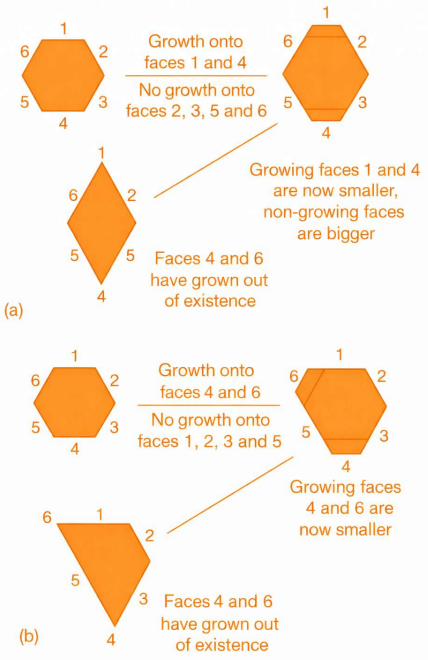
يصبح الوجه الأبطأ نموًا هو الأكبر.

The six basic crystal shapes



(أ) توضيح لكيفية نمو البلورات السداسية على الوجهين 1 و4 مما يؤدي إلى تكوين الماس.

(a) Demonstration of how growth onto faces 1 and 4 of a hexagonal crystal form results in the formation of a diamond.



(b) Demonstration of how growth onto faces 4 and 6 of a hexagonal crystal form results in the formation of a trapezium.

(ب) توضيح لكيفية نمو البلورات السداسية على الوجهين 4 و6 مما يؤدي إلى تكوين شبه منحرف.

ال growth بسبب انكماش او انه يصغر الحجم مقارنة بالمناطق الي ما صار عليها growth

Crystal habit

- Changes in internal structure usually give different habits.

عادةً ما تؤدي التغييرات في البنية الداخلية إلى أشكال مختلفة.

- However, it is also possible to change the external shape for the same crystal packing by changing the crystallization conditions.

• ومع ذلك، من الممكن أيضًا تغيير الشكل الخارجي لنفس ترتيب البلورة عن طريق تغيير ظروف التبلور.

رسم بياني يوضح تأثير تعبئة الجزيئات على الشكل الخارجي للبلورة. لا يشير اختلاف الشكل الخارجي بالضرورة إلى اختلاف البنية الداخلية

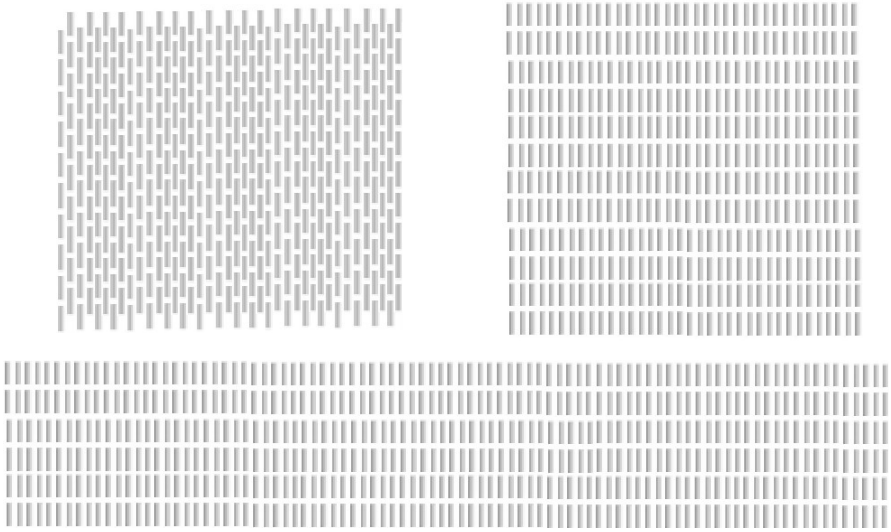
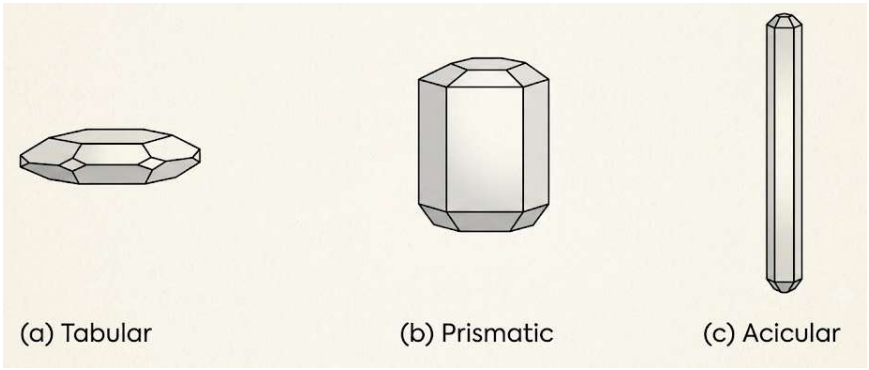


Diagram showing molecule packing effect on crystal external shape. Different external shape does not necessarily indicate different internal structure



Crystal habit illustrated on a hexagonal crystal

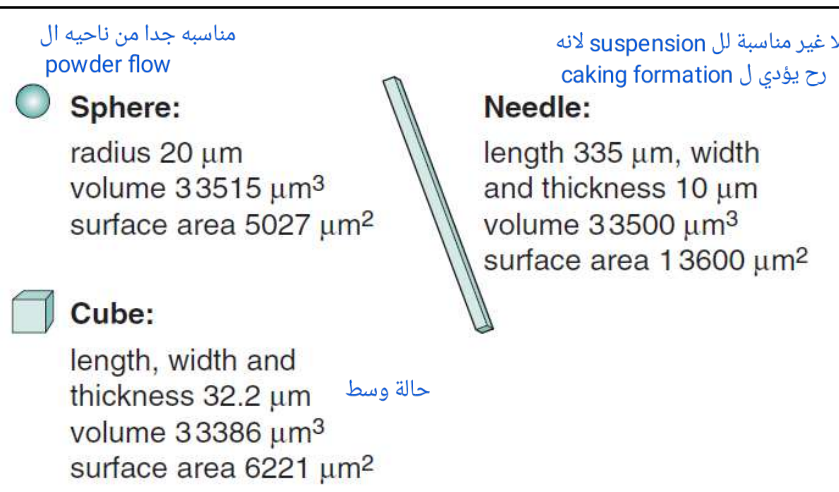
Crystal habit

- Crystal habit can alter the properties of drug and excipients such as:
  - Powder flow
  - Compression behavior
  - Specific surface area (total surface area of a material per unit of mass or volume)
  - Dissolution rate
  - Sedimentation and caking of suspension

- Crystal engineering: Crystal habits may be changed by manipulating the growth of different faces to obtain crystals with suitable properties.

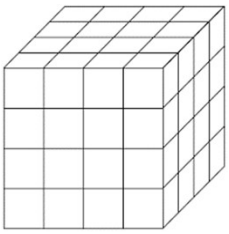
يمكن أن يغير شكل البلورة خصائص الدواء والمواد المساعدة مثل:
- انسيابية المسحوق
سلوك الانضغاط
مساحة السطح النوعية (إجمالي مساحة سطح المادة لكل وحدة كتلة أو حجم)
معدل الذوبان
- الترسيب والتكتل في المعلق

• هندسة البلورات: يمكن تغيير عادات البلورات عن طريق التلاعب بنمو الأوجه المختلفة للحصول على بلورات ذات خصائص مناسبة.

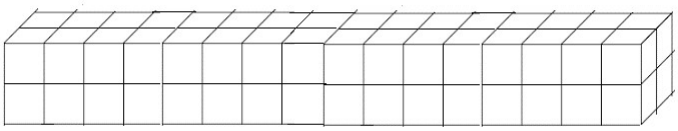


The relative surface areas of a sphere, cube and needle that have similar volumes of material

المساحات السطحية النسبية للكرة والمكعب والإبرة التي لها أحجام متشابهة من المادة



Volume = 4 ×4 × 4 = 64 μm^3
Area = 4 ×4 × 6 = 96 μm^2
Specific surface area = 1.5 μm^{-1}



Volume = 2 ×2 × 16 = 64 μm^3
Area = (2 ×16 × 4) + (2 × 2 × 2) = 136 μm^2
Specific surface area = 2.125 μm^{-1}

Vapor sorption by solids

- When a powder is exposed to a vapor or gas, the interaction will take one of the following forms:
  - Adsorption of vapor to the powder surface
  - Absorption into the bulk
  - Hydrate / solvate formation
  - Deliquescence

the ability of a substance to absorb moisture from the air until it dissolves

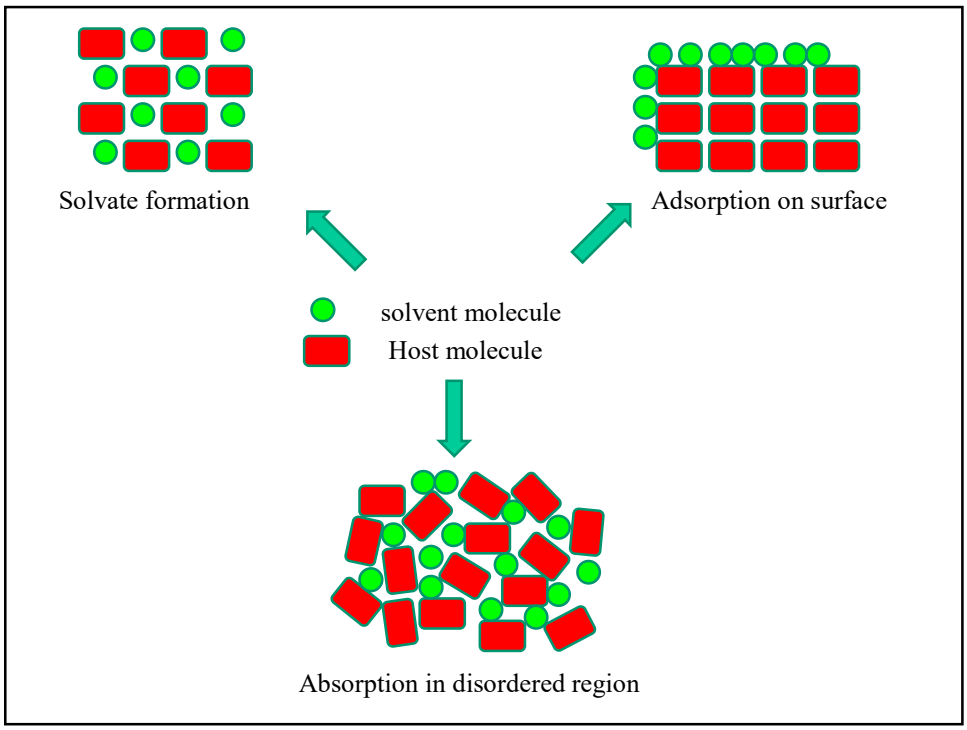
تتخلخل جزيئات بخار الماء في داخله حتى يذوب

- Absorption into the bulk can occur if the sample is amorphous, whereas the interaction will be limited to adsorption if the powder is crystalline.

اذا الماده كريستال رح يصير adsorption على السطح فقط
اذا الماده غير متبلوره رح يصير absorption

• عند تعرض مسحوق لبخار أو غاز، سيتخذ التفاعل أحد الأشكال التالية:
امتصاص البخار على سطح المسحوق،
الامتصاص في الكتلة
- تكوين الهيدرات / المذيبات،
التميع

يمكن أن يحدث الامتصاص في الكتلة إذا كانت العينة غير متبلورة، بينما سيقتصر التفاعل على الامتصاص إذا كان المسحوق متبلورًا.



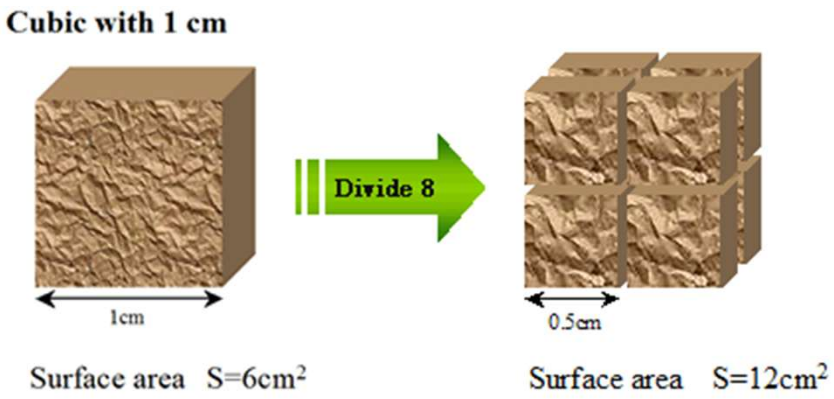
الادويه مش حفظ

Importance of particle size

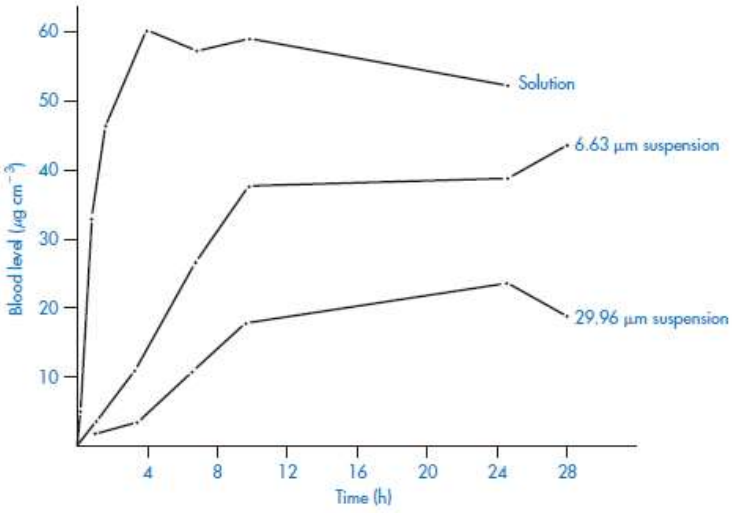
Particle size influence

- Drug dissolution
  - Important for poorly-soluble drugs (e.g. griseofulvin, tolbutamide, spironolactone, indomethacin and nifidipine)
- Mixing of powders (content uniformity for potent drugs, segregation)
- Hygroscopicity

نوبان الدواء
- مهم للأدوية قليلة الذوبان (مثل غريزوفولفين، تولبوتاميد، سبيرونولاكتون، إندوميثاسين، ونيفيديبين)
خلط المساحيق (تجانس المحتوى للأدوية الفعالة، الفصل)
استرطابية



كل ما قل حجم ال particle زاد امتصاصه في الدم



Blood levels (μg cm^{-3}) of phenobarbital versus time after intramuscular injection of three dosage forms.

مستويات الفينوباربيتال في الدم (ميكروغرام/سم) مقابل الوقت بعد الحقن العضلي لثلاثة أشكال جرعات.

Importance of particle size

Particle size influence

- The properties and behavior of various dosage forms:
  - suspensions: sedimentation rate, texture, taste, rheology
  - parenteral suspensions: syringeability, injectability and sustained release.
  - ophthalmic suspensions: irritation of the eye surface (small particle size is used)
  - Dry powder inhalers: The position and retention of particles in the bronchopulmonary tract
  - topical formulation: grittiness (powder must be impalpable)

• خصائص وسلوك أشكال الجرعات المختلفة :
المعلقات: معدل الترسيب، الملمس، الطعم، الريولوجيا.
المعلقات الوريدية: سهولة الحقن، سهولة الحقن، والإطلاق المستدام.
- المعلقات العينية: تهيج سطح العين (يتم استخدام حجم جسيمات صغير)
أجهزة استنشاق المسحوق الجاف: موضع الجزيئات واحتجازها في الجهاز التنفسي القصبي الرئوي
التركيبة الموضعية: الخشونة (يجب أن يكون المسحوق غير محسوس)