Atomic Models: Bohr Model and Quantum Mechanical Model

1. Bohr Model:نموذج بور

The Bohr model, proposed by Danish physicist Niels Bohr in 1913, was a significant step in understanding atomic structure, especially the hydrogen atom. It introduced the concept of quantized energy levels in an atom, which helped explain the atomic spectra.

نموذج بور، الذي اقترحه الفيزيائي الدنماركي نيلز بور في عام 1913، كان خطوة هامة في فهم هيكل الذرة، خاصة ذرة الهيدروجين. قدم مفهوم المستويات الطاقية الكمومية في الذرة، مما ساعد في تفسير الأطياف الذرية

- ***Core Concepts:***

Electron Orbits: According to Bohr, electrons revolve in specific, circular orbits around the nucleus, much like planets orbiting the sun.

مدارات الإلكترونات: وفقًا لنموذج بور، تدور الإلكترونات في مدارات دائرية محددة حول النواة، مثلما تدور الكواكب حول الشمس

Quantized Energy Levels: The orbits have discrete energy levels, and electrons can only exist in these specific orbits. The energy levels are quantized and represented by integers (n = 1, 2, 3, .).

المستويات الطاقية الكمومية: المدارات لها مستويات طاقة محددة، ولا يمكن للإلكترونات إلا أن توجد في هذه المدارات المحددة. هذه المستويات الطاقية كمومية وتمثلها أعداد صحيحة.

Energy Absorption and Emission: When an electron moves from a higher energy orbit to a lower one, energy is emitted in the form of electromagnetic radiation (light). Conversely, when an electron absorbs energy, it jumps to a higher orbit.

امتصاص وإصدار الطاقة: عندما ينتقل الإلكترون من مدار طاقة أعلى إلى مدار طاقة أدنى، يتم إصدار الطاقة على شكل إشعاع كهرمغنطيسي (ضوء). وعلى العكس، عندما يمتص الإلكترون الطاقة، فإنه ينتقل إلى مدار أعلى.

Angular Momentum Quantization: Bohr also postulated that the angular momentum of an electron in a given orbit is quantized and is an integer multiple of $H=h/2\pi$, where h is Planck's constant.

كمومية الزخم الزاوي: افترض بور أيضًا أن الزخم الزاوي للإلكترون في مدار معين يكون كموميًا، وهو عدد صحيح مضاعف للثابت ، حيث هو ثابت بلانك.

- ***Limitations of the Bohr Model:*** **محددات نموذج بور :**

Not Applicable for Multi-Electron Atoms: The Bohr model works well for hydrogen but fails to explain the spectra of atoms with more than one electron.

غير قابل للتطبيق على الذرات متعددة الإلكترونات: يعمل نموذج بور بشكل جيد لذرة الهيدروجين لكنه يفشل في تفسير أطياف الذرات التي تحتوي على أكثر من إلكترون.

Does not Account for Quantum Mechanical Effects: The Bohr model treats electrons as particles in specific orbits, whereas quantum mechanics describes them as existing in probabilistic wavefunctions.

لا يراعي التأثيرات الميكانيكية الكمومية: يعامل نموذج بور الإلكترونات كجسيمات في مدارات محددة، بينما يصفها النموذج الكمومي على أنها موجودة في دوال احتمالية.

Lack of Explanation for Fine Structure: The model does not explain the fine details in spectral lines, which are later explained by quantum mechanics.

عدم تفسير التفاصيل الدقيقة: لا يفسر النموذج التفاصيل الدقيقة في خطوط الطيف، والتي تم تفسيرها لاحقًا باستخدام الميكانيكا الكمومية.

2. Quantum Mechanical Model:النموذج الميكانيكي الكمومي

The quantum mechanical model, also known as the Schrödinger model or the wave mechanical model, emerged in the 1920s and replaced the Bohr model as the more accurate description of atomic structure. It incorporates the principles of quantum mechanics, which is the theory that governs particles at very small scales.

النموذج الميكانيكي الكمومي، الذي يُعرف أيضًا بنموذج شرودنجر أو النموذج الميكانيكي الموجي، ظهر في العشرينات وحل محل نموذج بور كأكثر وصف دقيق لبنية الذرة. ويشمل مبادئ الميكانيكا الكمومية، التي هي النظرية التي تحكم الجسيمات على المقاييس الصغيرة جدًا.

- ***Core Concepts: المفاهيم الأساسية***

Wave-Particle Duality: Electrons exhibit both particle-like and wave-like properties. The dual nature of electrons is described by the de Broglie hypothesis, where particles can also behave as waves.

ازدواجية الموجة والجسيم: الإلكترونات تظهر خصائص جسيمية وموجية في نفس الوقت. يصف فرض الطبيعة المزدوجة للإلكترونات، حيث يمكن للجسيمات أن تتصرف أيضًا كموجات

Electron Cloud and Probability: Unlike Bohr's model, where electrons were treated as particles in fixed orbits, quantum mechanics treats electrons as existing in "clouds" of probability. The exact position of an electron is not determinable; instead, there is a probability distribution (wavefunction) that describes where the electron is likely to be found.

سحابة الإلكترون والاحتمالية: على عكس نموذج بور، الذي عالج الإلكترونات كجسيمات في مدارات ثابتة، يعامل النموذج الكمومي الإلكترونات كأنها موجودة في "سحب" احتمالية. لا يمكن تحديد الموقع الدقيق للإلكترون، بل يتم وصفه بتوزيع احتمالي (دالة الموجة).

Wavefunction (Ψ): The wavefunction, denoted by Ψ , describes the quantum state of a system. The square of the wavefunction, $|\Psi|^2$, represents the probability density of finding an electron in a particular region of space.

دالة الموجة : دالة الموجة، التي يُرمز لها بـ Ψ ، تصف الحالة الكمومية للنظام. يمثل مربع دالة الموجة، ، كثافة الاحتمالية لاكتشاف الإلكترون في منطقة معينة من الفضاء.

Heisenberg Uncertainty Principle: This principle states that it is impossible to simultaneously know the exact position and momentum of a particle. The more precisely one is known, the less precisely the other can be known. This is fundamental to the quantum mechanical model and explains why electrons do not follow fixed orbits like in Bohr's model.

مبدأ الشك لهايزنبرغ: ينص هذا المبدأ على أنه من المستحيل معرفة الموقع والزخم للإلكترون في نفس الوقت بدقة. كلما تم تحديد أحدهما بدقة، أصبح الآخر أقل دقة. هذا المبدأ أساسي في النموذج الكمومي ويشرح سبب عدم متابعة الإلكترونات لمدارات ثابتة كما في نموذج بور.

Quantum Numbers: In quantum mechanics, electron states are described by four quantum numbers:

الأرقام الكمومية: في الميكانيكا الكمومية، يتم وصف حالات الإلكترونات بواسطة أربعة أرقام كمومية:

1. Principal Quantum Number (n): Specifies the energy level and size of the orbital.

العدد الكمومي الرئيسي :(n) يحدد مستوى الطاقة وحجم المدارات.

2. Angular Momentum Quantum Number (l): Describes the shape of the orbital (s, p, d, f).

العدد الكمومي الزاوي :(l) يحدد شكل المدار (s ، p، d، f)

3. Magnetic Quantum Number (m): Describes the orientation of the orbital in space.

العدد الكمومي المغناطيسي :(m) يحدد اتجاه المدار في الفضاء.

4. Spin Quantum Number (s): Describes the spin of the electron, which can be either +1/2 or -1/2.

4.العدد الكمومي للسبين :(s) يحدد دوران الإلكترون، والذي يمكن أن يكون إما 1/2+ او 1/2-

Schrödinger Equation: The behavior of an electron in an atom is governed by the Schrödinger equation, which is a mathematical expression that describes the wavefunction of the electron.

$\hat{H}\,\Psi = E\,\Psi$

معادلة شرودنجر: يتحكم سلوك الإلكترون في الذرة بمعادلة شرودنجر، التي هي تعبير رياضي يصف دالة الموجة للإلكترون.

Orbitals: In the quantum mechanical model, electrons occupy orbitals (regions in space where there is a high probability of finding an electron). The orbitals have different shapes depending on the quantum numbers. Common orbitals include:

المدارات: في النموذج الكمومي، تشغل الإلكترونات المدارات (المناطق في الفضاء التي من المحتمل أن يوجد فيها الإلكترون). المدارات لها أشكال مختلفة حسب الأرقام الكمومية. تشمل المدارات الشائعة:

- s orbitals: Spherical in shape.
  - المدارات :s شكل كروي.
- p orbitals: Dumbbell-shaped.
  - المدارات :p شكل دمبل.
- d orbitals: More complex, cloverleaf shapes.
  - المدارات :d أكثر تعقيدًا، شكل يشبه الوردة.
- f orbitals: Even more complex shapes.
  - المدارات :f أشكال أكثر تعقيدًا.

Example (Hydrogen Atom): For the hydrogen atom, the wavefunction Ψ depends on the quantum numbers. The probability of finding an electron in a certain region is related to $|\Psi|^2$.

مثال (ذرة الهيدروجين): بالنسبة لذرة الهيدروجين، تعتمد دالة الموجة على الأرقام الكمومية. الاحتمالية لاكتشاف الإلكترون في منطقة معينة مرتبطة بـ $|\Psi|^2$.

- **Comparison of the Two Models:**

Bohr Model: Simple and effective for explaining the hydrogen atom and its spectra but fails for more complex atoms.

نموذج بور: بسيط وفعّال في تفسير ذرة الهيدروجين وأطيافها لكنه غير دقيق بالنسبة للذرات متعددة الإلكترونات.

Quantum Mechanical Model: More accurate, based on principles of wave-particle duality, and provides a detailed, probabilistic description of electron behavior in atoms.

النموذج الميكانيكي الكمومي: أكثر دقة، يعتمد على مبادئ ازدواجية الموجة والجسيم، ويوفر وصفًا تفصيليًا واحتماليًا لسلوك الإلكترونات في الذرات.

The quantum mechanical model is the current accepted model for atomic structure and behavior. It is more comprehensive and mathematically rigorous than Bohr's model, and it successfully explains phenomena that Bohr's model could not, such as the fine structure of spectral lines and the behavior of multi-electron atoms.

النموذج الميكانيكي الكمومي هو النموذج المقبول حاليًا لبنية وسلوك الذرة. إنه أكثر شمولًا ودقة رياضيًا من نموذج بور، ويشرح الظواهر التي عجز نموذج بور عن تفسيرها، مثل البنية الدقيقة لخطوط الطيف وسلوك الذرات متعددة الإلكترونات

- **Atomic Bonding Types in Materials Science أنواع الروابط الذرية في علم المواد**

The properties of materials are heavily influenced by the types of atomic bonds that hold their atoms or molecules together. These bonds determine the material's strength, electrical conductivity, melting point, and many other physical properties. Below is an in-depth explanation of the major types of atomic bonding:

تؤثر أنواع الروابط الذرية بشكل كبير على خصائص المواد، مثل القوة، التوصيل الكهربائي، درجة الانصهار، وغيرها من الخصائص الفيزيائية. فيما يلي شرح تفصيلي لأنواع الروابط الذرية الرئيسية:

1. Ionic Bond الرابطة الأيونية

Definition: Ionic bonding occurs between atoms when one atom donates electrons to another, leading to the formation of oppositely charged ions. These ions are held together by strong electrostatic forces.

التعريف: تحدث الرابطة الأيونية عندما يتبرع ذرة بإلكترونات لذرة أخرى، مما يؤدي إلى تكوين أيونات ذات شحنات متعاكسة ترتبط معًا بواسطة قوى كهرستاتيكية قوية.

Mechanism: Typically formed between a metal (which loses electrons) and a non-metal (which gains electrons).

آلية التكوين: تتكون عادةً بين المعادن (التي تفقد الإلكترونات) واللافلزات (التي تكتسب الإلكترونات).

Example: Sodium chloride (NaCl)

مثال: كلوريد الصوديوم(NaCl)

Sodium (Na) loses one electron to become a positive ion (Na^+).

يفقد الصوديوم (Na) إلكترونًا ليصبح أيون موجب.(+Na)

Chlorine (Cl) gains this electron to become a negative ion (Cl^-).

يكتسب الكلور (Cl) هذا الإلكترون ليصبح أيون سالب.(-Cl)

The oppositely charged ions arrange themselves in a crystal lattice, held together by strong Coulombic forces.

تنجذب الأيونات المتعاكسة إلى بعضها البعض مكونةً شبكة بلورية متماسكة.

- **Characteristics:**

High Melting and Boiling Points: Due to the strong electrostatic forces between ions.

درجات انصهار وغليان مرتفعة: بسبب القوى الكهرستاتيكية القوية بين الأيونات.

Electrical Conductivity: In solid form, ionic compounds do not conduct electricity as ions are fixed. However, in molten or aqueous states, they conduct electricity due to free-moving ions.

التوصيل الكهربائي: في الحالة الصلبة لا توصل المركبات الأيونية الكهرباء لأن الأيونات مثبتة في مكانها. أما في الحالة المنصهرة أو المذابة في الماء فتوصّل الكهرباء.

Brittle Nature: When stress is applied, like-charged ions are forced close together, resulting in repulsion and fracture of the crystal.

الهشاشة: عند تطبيق إجهاد، تتقارب الأيونات ذات الشحنات المتشابهة مما يؤدي إلى التنافر وكسر البلورة.

Solubility: Typically soluble in polar solvents like water.

الذوبانية: عادة ما تكون قابلة للذوبان في المذيبات القطبية مثل الماء.

2. Covalent Bond الرابطة التساهمية

Definition: Covalent bonding occurs when atoms share one or more pairs of electrons to achieve a stable electronic configuration, typically following the octet rule.

التعريف: تحدث الرابطة التساهمية عندما تشترك الذرات في زوج أو أكثر من الإلكترونات للوصول إلى تكوين إلكتروني مستقر.

يشكل بنية بلورية تساهمية حيث ترتبط كل ذرة سيليكون بأربع ذرات مجاورة.

Mechanism: Covalent bonds are typically formed between non-metal atoms with similar electronegativities.

آلية التكوين: تتكون عادةً بين اللافلزات ذات الكهرسلبية المتقاربة.

Example 1: Diamond (pure carbon)(الألماس (الكربون النقي

Each carbon atom forms four covalent bonds with other carbon atoms, creating a tetrahedral structure.

كل ذرة كربون تشكل أربع روابط تساهمية مع ذرات كربون أخرى، مكونةً بنية رباعية الوجوه.

Example 2: Silicon (Si) in semiconductors (Si) في أشباه الموصلات

Forms a covalent crystal lattice structure where each silicon atom bonds with four neighboring atoms.

- **Characteristics**:

Strong Directional Bonds: Covalent bonds are highly directional, leading to specific molecular shapes and structures.

روابط قوية وموجهة: الروابط التساهمية موجهة بشكل كبير، مما يؤدي إلى أشكال جزيئية وبنيات محددة.

High Melting Points: Materials like diamond and silicon have strong covalent networks that require a lot of energy to break.

درجات انصهار مرتفعة: مواد مثل الألماس والسيليكون تتطلب طاقة كبيرة لكسر الروابط التساهمية.

Poor Electrical Conductivity: In general, covalent compounds do not conduct electricity, as they lack free electrons or ions (except for special cases like graphite).

ضعف التوصيل الكهربائي: بشكل عام، المركبات التساهمية لا توصل الكهرباء لعدم وجود إلكترونات حرة أو أيونات (باستثناء حالات خاصة مثل الجرافيت).

Hardness: Diamond is the hardest natural material due to its strong covalent network.

الصلابة: الألماس هو أقسى مادة طبيعية بسبب شبكة الروابط التساهمية القوية.

3. Metallic Bond الرابطة المعدنية

Definition: Metallic bonding occurs in metals, where atoms share a "sea of delocalized electrons" that move freely throughout the metallic structure.

التعريف: تحدث الرابطة المعدنية في المعادن، حيث تتشارك الذرات في "بحر من الإلكترونات" الحرة التي تتحرك عبر بنية المعدن.

Mechanism: Each metal atom contributes one or more of its valence electrons to form a cloud of delocalized electrons, which are free to move throughout the entire metal lattice.

آلية التكوين: تساهم كل ذرة معدنية بإلكترون أو أكثر لتشكيل سحابة من الإلكترونات المتحركة بحرية في الشبكة المعدنية.

Example 1: Copper (Cu) النحاس

Copper atoms form a close-packed structure where delocalized electrons move freely, allowing conductivity.

يشكل النحاس بنية محكمة التعبئة حيث تتحرك الإلكترونات بحرية مما يسمح بالتوصيل

Example 2: Aluminum (Al) الألمنيوم

Similar metallic bonding, making it lightweight and conductive.

رابطة معدنية مشابهة مما يجعله خفيف الوزن وقابل للتوصيل.

- **Characteristics**:

Good Electrical and Thermal Conductivity: The free electrons can move easily, allowing efficient heat and electrical conduction.

التوصيل الكهربائي والحراري الجيد: تتحرك الإلكترونات بحرية مما يسمح بنقل الحرارة والكهرباء بكفاءة.

Ductility and Malleability: Metallic bonds are non-directional, allowing atoms to slide past one another without breaking the bond, making metals easily deformable.

القابلية للسحب والتشكيل: الروابط المعدنية غير موجهة، مما يسمح للذرات بالانزلاق فوق بعضها دون كسر الرابطة.

Lustrous Appearance: Free electrons can absorb and re-emit light, giving metals their shiny appearance.

المظهر اللامع: الإلكترونات الحرة يمكنها امتصاص وإعادة إصدار الضوء، مما يمنح المعادن مظهرها اللامع.

Variable Melting Points: Melting points vary depending on the strength of the metallic bond (e.g., tungsten has a very high melting point, while mercury is liquid at room temperature).

درجات انصهار متغيرة: تختلف نقاط الانصهار حسب قوة الرابطة المعدنية (مثل التنجستن ذو نقطة انصهار عالية، والزئبق الذي يكون سائلاً في درجة حرارة الغرفة).

4. Van der Waals Bonds روابط فان دير فالس

Definition: Van der Waals bonding is a weak interaction between molecules or atoms due to temporary dipoles that form as electrons move around the nucleus.

التعريف: روابط ضعيفة بين الجزيئات أو الذرات تحدث نتيجة ثنائيات أقطاب مؤقتة تتشكل بسبب حركة الإلكترونات.

Mechanism: These interactions occur due to fluctuating charge distributions even in neutral atoms or molecules.

آلية التكوين: تحدث هذه التفاعلات بسبب توزيع الشحنة المتغير حتى في الذرات أو الجزيئات المحايدة.

Example: Graphite الجرافيت

Graphite has strong covalent bonds within the carbon layers but weak Van der Waals forces between the layers, allowing the layers to slide over each other.

يحتوي على روابط تساهمية قوية داخل الطبقات الكربونية، ولكن تربط هذه الطبقات روابط فان دير فالس ضعيفة، مما يسمح بانزلاقها فوق بعضها البعض.

- **Characteristics**:

Weak Bonding Strength: Easily broken by thermal energy or mechanical stress.

ضعف قوة الترابط: سهلة الكسر بالحرارة أو الإجهاد الميكانيكي.

Low Melting and Boiling Points: Found in substances like molecular solids (e.g., dry ice or iodine).

درجات انصهار وغليان منخفضة: توجد في المواد الصلبة الجزيئية (مثل الثلج الجاف أو اليود).

Softness: Materials held by Van der Waals forces tend to be soft and easy.

النعومة: المواد المرتبطة بروابط فان دير فالس تميل إلى أن تكون ناعمة وسهلة التشوه.

5. Hydrogen Bonding

Definition: A special type of dipole-dipole interaction where a hydrogen atom bonded to a highly electronegative atom (like oxygen, nitrogen, or fluorine) interacts with another electronegative atom.

التعريف: نوع خاص من التفاعل ثنائي القطب يحدث عندما ترتبط ذرة هيدروجين مع ذرة ذات كهرسلبية عالية (مثل الأكسجين أو النيتروجين أو الفلور) وتتفاعل مع ذرة أخرى مشابهة.

Mechanism: The highly electronegative atom pulls electron density away from hydrogen, creating a partial positive charge on hydrogen, which is then attracted to lone pairs of electrons on nearby electronegative atoms.

آلية التكوين: تسحب الذرة ذات الكهرسلبية العالية كثافة الإلكترونات بعيدًا عن الهيدروجين، مما يخلق شحنة جزئية موجبة على الهيدروجين الذي يتفاعل بدوره مع أزواج إلكترونية غير مشتركة على الذرات المجاورة.

Example 1: Water (H_2O)

The hydrogen atoms in one water molecule form hydrogen bonds with the oxygen atoms of neighboring water molecules.

تشكل ذرات الهيدروجين روابط هيدروجينية مع ذرات الأكسجين في جزيئات الماء المجاورة.

Example 2: DNA الحمض النووي

The base pairs in DNA (adenine-thymine and guanine-cytosine) are held together by hydrogen bonds.

الأزواج القاعدية في الحمض النووي (الأدينين-الثايمين والجوانين-السيتوزين) ترتبط بواسطة روابط هيدروجينية

- **Characteristics**: الرابطة الهيدروجينية

Moderate Bond Strength: Stronger than Van der Waals forces but weaker than covalent or ionic bonds.

قوة ترابط متوسطة: أقوى من روابط فان دير فالس ولكن أضعف من الروابط التساهمية أو الأيونية.

High Boiling and Melting Points: Hydrogen bonding explains the anomalously high boiling point of water compared to other molecules of similar mass.

. درجات غليان وانصهار مرتفعة: تفسر الرابطة الهيدروجينية درجة الغليان العالية للماء مقارنةً بجزيئات أخرى ذات كتلة مماثلة.

Surface Tension: Responsible for the high surface tension of water.

التوتر السطحي: مسؤولة عن التوتر السطحي العالي للماء.

Solubility: Hydrogen bonding allows substances like sugars and alcohols to dissolve easily in water.

الذوبانية: تسمح الرابطة الهيدروجينية بذبول المواد مثل السكر والكحول في الماء.

- **Summary of Bonding Types:**

This detailed breakdown helps to understand how different bonding types influence material properties and their applications in fields such as electronics, structural materials, and nanotechnology.

هذا الشرح التفصيلي يساعد في فهم كيفية تأثير أنواع الروابط المختلفة على خصائص المواد وتطبيقاتها في مجالات مثل الإلكترونيات، المواد الهيكلية، وتقنيات النانو.