قاعدة اللادقة لهايزنبرك Heisenberg Uncertainty Principle

توصل العالم هايزنبرك (1927) الى مبدأ اللادقة لقياس الزخم و الموقع في أن واحد لنتصور أننا أجرينا تجربة لقياس زخم وموقع جسيم ما بصورة أنية ولنتصور أن هذا الجسيم هو الالكترون على سبيل المثال , لكي تتمكن من قياس الموقع بدقة نحتاج الى مجهر ويتطلب ذلك تسليط ضوء او فوتونات التي تتشتت عند أصطدامها بالجسيم حيث ان مدى المسافة ΔX المتوقع ايجاد الالكترون فيها تتناسب مع الطول الموجي للفوتون المستخدم في تحديد موقع الالكترون, ولكن كلما استعملنا فوتون ذو طول موجي اقصر لزيادة دقة القياس ازدادت طاقة الفوتون و بالتالي ازداد الزخم المنقول من هذا الفوتون الى الالكتون المراد تحديد موقعه ΔP وهذا يعني زيادة سرعة الالكترون لذا فأن زخم الجسم سيخضع الى شك (اللادقة) قدره $\Delta P = h/\Delta X$ ان الصيغة العامة لعلاقات اللاتحديد مثال ذلك علاقة اللادقة بين الموقع والزخم الخطي

$$\Delta X.\Delta Px \geq \frac{h}{2\pi}$$

أي لايمكن تحديد موقع جسيم وزخمه بدقة متناهية بصورة أنية ففي حالة تحديد أحدهما وليكن الزخم $\Delta Px = 0$ فأن التغير بالموقع يساوي $\Delta X = \infty$ كذلك يمكن أيجاد اللادقة لقياس الطاقة والزمن بنفس الطريقة

$$\Delta E.\Delta t \geq \frac{h}{2\pi}$$

كيمياء. تربية بنات. الانبار

حيث ان $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ ويسمى H-bar وفي حالة كون $\Delta t = \infty$ فان $\Delta E = 0$ أي أنه عند تهيج النواة في ما لانهاية من الزمن فأن الطاقة تملك أقل قيمة والتي تعرف بالحالة المستقرة stationary state.

الأنظمة الاحداثية Coordinate Systems

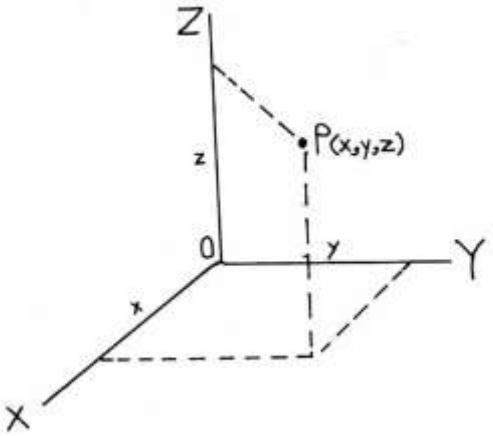
الاحداثيات Coordinates وهو عبارة عن قيم او ارقام ثنائية او ثلاثية او رباعية يتم من خلالها التعبير عن او تحديد الموقع النسبي للنقاط في المستوي - الخريطة او الفضاء الهندسي - الكرة الأرضية علي سبيل المثال ,الارتفاع بالنسبة لسطح البحر , هي احداثية تفيد في تحديد الارتفاع النسبي لنقطة من الأرض. ان نظام الاحداثيات coordinate system : هو عبارة عن نظام مخطط مخصص لتحديد موضوع - احداثيات النقاط علي المستوي او الفضاء الهندسي بدقة , وذلك بالاعتماد علي بعض الاطر - السطوح المرجعية , وهو بشكل عام لغة رياضية تستخدم لوصف الاجسام الرياضية تحليليا , فاذا عرفت احداثيات مجموعة من النقاط ,امكن الحصول علي العلاقة بين لنقاط وخصائصها بحسابات رقمية.

توجد عدة أنواع مختلفة من الأنظمة الاحداثية واهمها :

1- الاحداثيات الديكارتية Cartesian Coordinates
2- الاحداثيات الكروية القطبية Spherical Polar Coordinates
3- الاحداثيات الاسطوانية Cylindrical Coordinates

4- الاحداثيات الاهليجية المتحدة البؤرةConfocal Ellipsoidal Coordinates

ان اختيار احد أنواع هذه الاحداثيات للاستعمال يعتمد بالأساس على نوع المسألة المراد حلها. ذلك ان اختيارنا لنظام احداثي معين يجعل المعادلات الرياضية التي تصف المسألة اكثر بساطة. وتعتبر الاحداثيات الديكارتية الأكثر شيوعا. ووفقا لهذا النظام يمكن تمثيل النقطة P في الفراغ بواسطة مسافات على طول ثلاثة محاور متعامدة هي x , y , z . كما في الشكل.

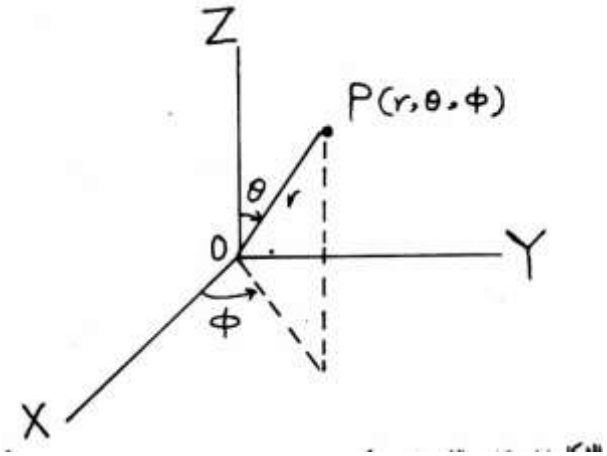


الاحداثيات الديكارتية ، ووفقا له حددت النقطة P في الفراغ بثلاث مسافات على طول ثلاثة محاور متعامدة

كيمياء. تربية بنات. الانبار

ان هذا النظام الاحداثي يتمثل بأستخدام قاعدة اليد اليمنى right hand rule وهي تنص على انه " عندما تلتوي أصابع اليد اليمنى بحيث تتجه هذه الأصابع من المحور x الى المحور y فأن الابهام سيتجه على طول المحور z .

وفي الاحداثيات الكروية القطبية يمكن تمثيل النقطة P في الفراغ بواسطة مسافة واحدة r وزاويتين θ , ϕ كما في الشكل ان الاحداثي r هو طول الخط OP المرسوم من نقطة الأصل الى نقطة P. اما الزاوية θ فتدعى بالزاوية القطبية وهي محصورة بين المحور z والخط OP في حين تدعى ϕ بالزاوية السمتية azimuthal angle وهي محصورة بين المحور x ومسقط الخط OP في المستوى XY .



الاحداثيات الكروية القطبية والنقطة P تتحدد بزاويتين ومسافة واحدة

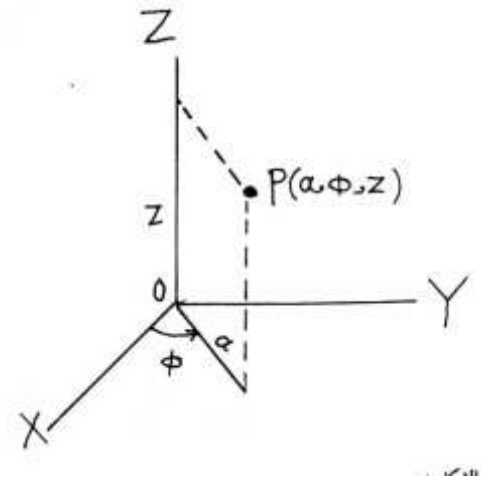
ان العلاقة بين النظامين الديكارتي والكروي يمكن التعبير عنها بالمعادلات التالية:

$x = r \sin\theta \cos\phi$

$y = r \sin\theta \sin\phi$

$z = r \cos\theta$

اما الاحداثيات الاسطوانية فهي موضحة في الشكل وان تحديد النقطة P في الفراغ وفقا للاحداثيات الاسطوانية يكون بواسطة مسافتين وزاوية. اما المسافتان فهما z وطول مسقط الخط OP في المستوى XY أي (a). اما الزاوية ϕ فهي نفسها في الاحداثيات القطبية الكروية.



كيمياء بار

الاحداثيات الاسطوانية تتحدد النقطة P بزاوية ومسافتين

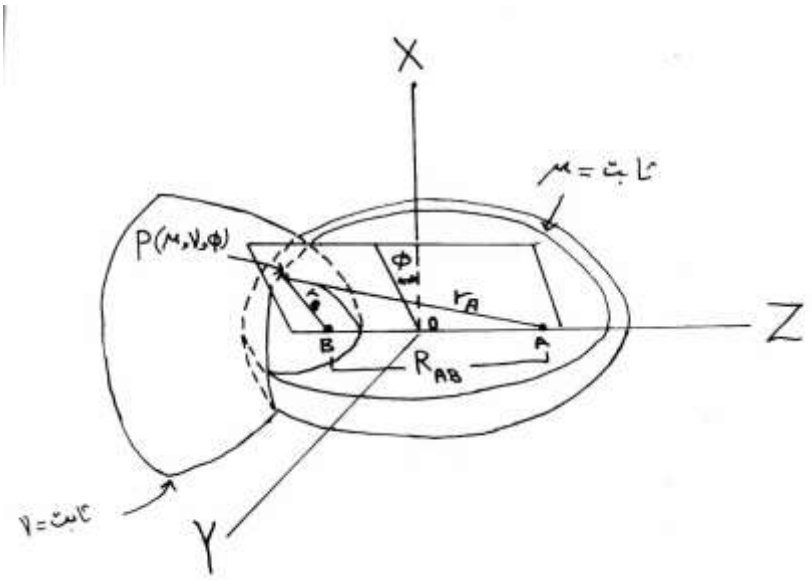
ان العلاقة بين الاحداثيات الاسطوانية والديكارتية فتعطى بالمعادلات التالية:

$x = a \cos\phi$

$y = a \sin\phi$

$z = z$

ويبقى النظام الأخير للاحداثيات في هذا الجزء وهو الاحداثيات الاهليجية المتحدة البؤرة (وتسمى أحيانا بالاحداثيات الاهليجية فقط) كما موضح بالشكل.



الاحداثيات الاهليجية المتحدة البؤرة

وتستخدم هذه الاحداثيات للمسائل المتضمنة مركزي A , B المتباعدين بمسافة ثابتة R. ان الخطين AP , BP تحدد مستوي اما الخط المتكون من تقاطع هذا المستوي مع مستوى XY فانه يحدد الزاوية ϕ . اما النقطة P (μ, ν, ϕ) فيمكن تعريفها بواسطة تحديد المسافتين r_A , r_B على طول الخطين AP , BP على التوالي والزاوية ϕ . وعندئذ يمكن تحديد الاحداثيات الاهليجية μ , ν بالشكل التالي :

كيمياء . تربية بنات الانبار

$$\mu = \frac{r_A + r_B}{R} \quad , \quad \nu = \frac{r_A - r_B}{R}$$

اما الاحداثي الثالث ϕ فقد وصف سابقا. ان المعادلات التي تعبر عن x, y, z وبدلالة μ, μ^2, ϕ هي :

$$x = \frac{R}{2}\,(\mu^2 - 1)^{\frac{1}{2}}\,(1 - \nu^2)^{\frac{1}{2}}\,cos\phi$$

$$y = \frac{R}{2}\,(\mu^2 - 1)^{\frac{1}{2}}\,(1 - \nu^2)^{\frac{1}{2}}\,sin\phi$$

$$z = \frac{R}{2}\,\mu\,\nu$$

ونحن نحتاج في مسائل ميكانيك الكم لحساب تكاملات فوق كل الفراغ. ولعمل هذا يجب ان يكون عنصر الحجم التفاضلي Differential Volume Element dτ معلوما لكل نظام احداثي.