جامعة تكريت
كلية العلوم
قسم الفيزياء

المرحلة الرابعة

البلازما
معادلة ساها

استاذ دكتورة عواطف صابر جاسم

محاضرة 6 :

م: معادلة ساها (Saha)

س/صيغة السؤال : ما هي المعادلة التي تحكم التأين ؟

ج/ 1- اكثر الحالات البلازما شيوعاً هي الحالة الغازية عالية التأين .

2- اي ذرة او جزيئة متعادلة تتحول الى ايون مع الكترون سالب عندما (يتم تجهيزها بكمية كافية من الطاقة) , هذه الطاقة تمثل الطاقة اللازمة لفصل وتحويل الذرة الى صيغة اليونات وهي مكافئة الى (مقدار طاقة ارتباط الالكترون الاخير بالذرة)

3- الجدول بين $^{33}_{1}$ طاقة التأين مقاسة بوحدات الكترون فولت حيث ان عامل التحويل الى الجول هو (1eV)

$1\ eV = 1.602 \times 10^{-19}\ J$

4- الطاقة اللازمة لاحداث (التأين) تكون بطرق مختلفة مثل (1 التسخين 2 الضوء 3 الاشعاعات عالية , وابسط طريقة واسطها هي التسخين للحصول على نسبة التأين عالية لذرات غازيين .

5- تظهر نسبة التأين تتراوح بين (1-0)

6- نسبة التأين تعتمد بصورة مباشرة على مقدار الطاقة الحركية التي تمتلكها جزيئات الغاز (اي تعتمد على درجة الحرارة) .

$E_K = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{3}{2} kT$

7- ان النظام المعمول في التأين عبارة عن ثلاث مكونات هي (الذرات المتعادلة ، الايونات الموجبة و الالكترونات السالبة)

ومن خلال هذا النظام يمكن حساب نسبة كل من هذه المكونات اذا توفرت (معلومات تفصيلية عن جميع العمليات التي تؤدي الى التأين) .

8- الفكرة الاساسية التي اعتمد عليها ساها لحساب (درجة التأين) باعتبار ان عملية التأين عملية عكسية .
اي انه يتم انتاج ايونات والكترونات جديدة داخل الغاز وبنفس الوقت هنالك ايونات تقوم بالاتحاد مع الالكترونات لتكوين ذرات متعادلة كما في التفاعل الكيميائي العكسي حسب معادلة التفاعل العكسي :
معادلة التفاعل الكيميائي التي تكلم عنها $A + W \rightleftharpoons A^+ + e$

حيث ان A : هي الذرة المتعادلة .
W : الطاقة المشعة او المتحررة .
A^+ : الايون الموجب .
e^- : الالكترون السالب .

9- ان هذه الصيغة الكيميائية تهمل حالات التهيج للذرات

وذلك لان (تم اعتبار الحالات الموجودة عبارة عن حالتان فقط هما الذرة المتعادلة والايونات)

10- يمكن تعريف ثابت التفاعل بدلالة الضغوط الجزئية للالكترونات والايونات والذرات المتعادلة حيث ان هذا الثابت يعتمد على درجة الحرارة وحسب المعادلة التالية:

$$K(T) = \frac{P_e P_i}{P_a} \rightarrow atom$$

11- يمكن استخدام قوانين الترمودانميك لايجاد هذا الثابت في حالة الغاز بدلالة جهد التأين (Vi) وحسب المعادلة التالية:

$$K(T) = \frac{P_e P_i}{P_a} = Constant \times T^{5/2} e^{-\frac{eV}{kT}} \quad \text{---(1)}$$

$$\log_{10} \frac{n_e n_i}{n_a} = -5040 \frac{V_i}{T} + \frac{5}{2} \log_{10} T + 15.4 \quad \text{---(2)}$$

α: تمثل درجة التأين

$$\alpha = \frac{P_i}{P_a + P_i} \quad \text{---(3)}$$

$$\log \frac{\alpha_i^2}{1-\alpha_2} P = -5040 \frac{V_i}{T} + \frac{5}{2} \log_{10} T - 6.5 \quad \text{---(4)}$$

* معادلة (1) تمثل ثابت التفاعل حسب قوانين الترمودانميك للغاز بدلالة جهد التأين (Vi)

* معادلة (2) بأخذ اللوغاريتم للمعادلة (1) وباعتبار ان مكونات الغاز تتصرف تصرف غازات مثالية حيث (يتم الاستعانة عن الضغوط الجزئية بما يقابلها من كثافة الجسيمات

AMigO

للذرة المتعادلة وحالة الجسيم)

* معادلة (3) درجة التأين حسب تعريف ساها بأنها عبارة عن نسبة بين الضغوط الجزيئية

* معادلة (4) درجة التأين والضغط الكلي باعتبار ان الضغط الكلي يساوي :

$$(P = P_a + P_i + P_e)$$

وهذه تمثل معادلة ساها

س / ماهو استنتاج معادلة ساها ؟

ج / 1 - إن الصيغ لمعادلة ساها تعطي درجة تأين الغاز عند ضغط معين مع تغير درجة الحرارة

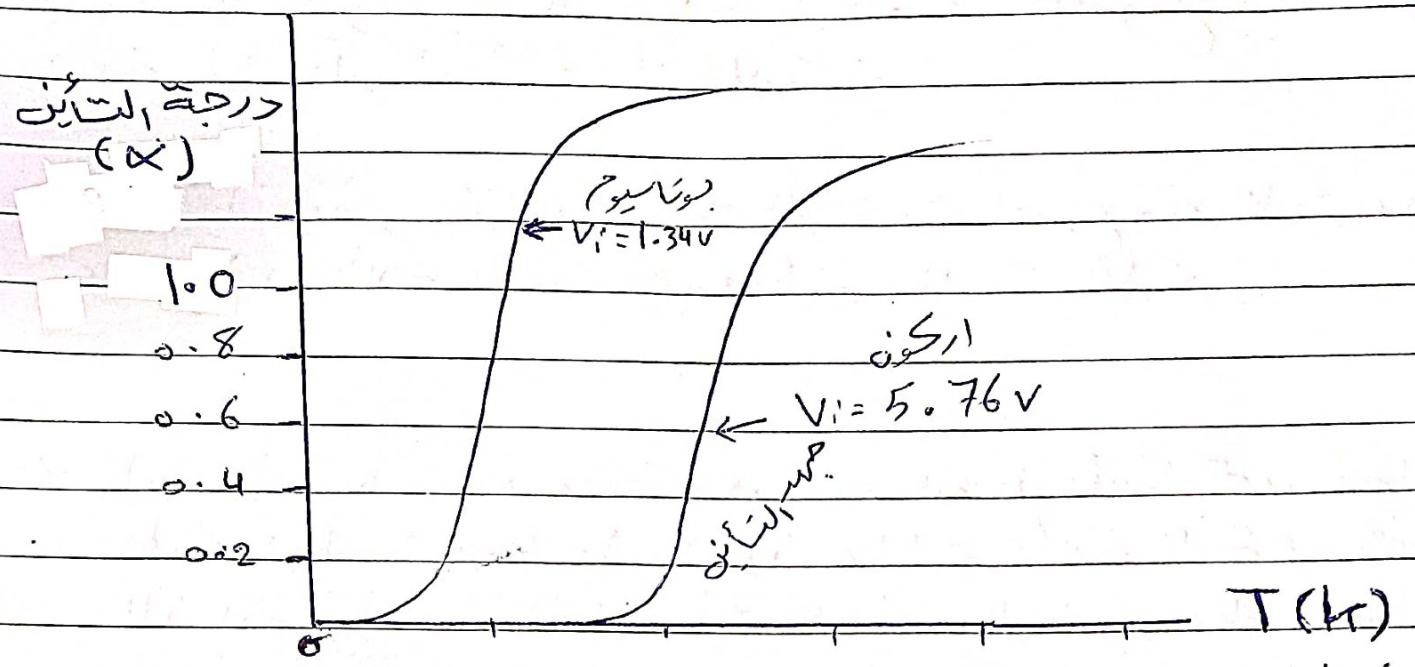
$$\log \frac{x_i^2}{1-x_i} P^{\leftarrow} = -5040 \frac{V_i}{T} + \frac{5}{2} \log_{10} T \downarrow - 6.5$$

2 - هي العلاقة البيانية والسلوك الفيزيائي بين درجة التأين مع درجة الحرارة وحسب الغازات المعطاة نعطي في الشكل التالي بالاعتماد على جدول (جهد التأين) لعناصر الغازات المكونة للنظام التفاعل الكيميائي .

صيغة السؤال : فسر فيزيائياً السلوك الذي تتبعه الغازات لحساب درجة التأين مع درجة الحرارة ؟

* ممكن تجيب بالامكان اكثر من غاز ممكن غازين ممكن ثلاث ممكن اكثر .

AMigo



* نلاحظ في الرسم أعلاه أن البوتاسيوم أقل من 5000 والاركون أقل من 10,000 .

حيث أن البوتاسيوم والاركون يمثل قياس له كمية ثابتة في الجدول

ملاحظة مهمة : البوتاسيوم والاركون ليسا ثابتين في الرسم أعلاه ممكن بالامتحان تغير العناصر بدل البوتاسيوم والاركون اوكسجين وصوديوم ، نأخذ قيمهم الشبيهة من الجدول ونرسم

* التفسير الفيزيائي يتغير بتغير العنصر المعطى بالسؤال .

AMIGO

- التفسير الفيزيائي :

* نلاحظ تغير درجة التأين (الفا) السريع جدا لكل من غاز البوتاسيوم وغاز الاركون

حيث يكون تغير الفا بالنسبة للبوتاسيوم اسرع من الاركون بسبب كون جهد تأين البوتاسيوم واطئ مقارنة بالاركون .

* ان عملية التأين تتعقد بسبب ان التأينات سوف لن تكون احادية فقط بل تبدأ عمليات تأين ثانية في بعض الذرات قبل ان تصل درجة التأين الاحادي الى 100% صارت تكون بعد

$$A + W \rightleftharpoons A^+ + e^-$$

م / تردد البلازما

1- ان وجود الالكترونات ضمن اطيارات الكهروستاتيكية للايونات الموجبة في البلازما يتمدد بحركة حالة الايون التي تشمل الالكترونات والايونات .

2- اي نظام فيزيائي مستقر يعتمد على توازن محصلات القوى وهذا يرتبط بالتردد الطبيعي لاي حركة اهتزازية طبيعية .

3- في حالة وجود نظام فيزيائي تعرض الى موجة لها نفس التردد الطبيعي يؤدي الى حدوث الرنين ويتوقف على (وجود القوى المعيدة لهذا النظام) .

4- نفس المبدأ يحدث في البلازما اي وجود وحدوث اهتزازات في البلازما لوجود القوى الكهروستاتيكية بين الشحنات

AMIGO

الموجبة والسالبة

5- تردد البلازما حسب العلاقة التالية:

$$\omega_p = \left(\frac{ne^2}{\epsilon_0 m}\right)^{1/2} \quad \text{---} \quad (5)$$

نظراً لان كتلة الايونات كبيرة مقارنة بكتلة الالكترون فإن هذا التردد سيكون صغيراً جداً في حين يقع تردد الالكترونات ضمن نطاق الامواج المايكروية.

* ω_p ممكن يكتب بصيغة اخرى هي ω_{pe}: وتسمى بتردد الكترونات البلازما.

ويكتب بصيغة اخرى ω_{pi} ويطلق عليه تردد ايونات البلازما.

ملاحظة: كل ما بين الاقواس هم اما فراغ او صح او خطأ.

AMIGO