Lesson 2: Strengths of Acids and Bases

Strengths of Acids

The 0.10M HCl solution conducts electricity better than the 0.10M $HC_2H_3O_2$ solution.

.....

Acids that ionize completely are called **strong acids**.

An acid that ionizes only partially in dilute aqueous solution is a **weak acid**.

The ionization of hydrochloric acid in water can be represented by the following equation.

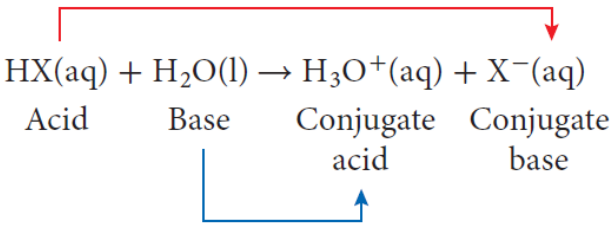
$$HCl(aq) + H_2O(l) \longrightarrow H_3O^+(aq) + Cl^-(aq)$$

The equation has a single arrow pointing to the right, which means that a reaction goes to completion.

Table 3 Ionization Equations

Strong Acids		Weak Acids	
Name	**Ionization Equation**	**Name**	**Ionization Equations**
Hydrochloric	$HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$	Hydrofluoric	$HF \rightleftharpoons H^+ + F^-$
Hydroiodic	$HI \rightarrow H^+ + I^-$	Acetic	$HC_2H_3O_2 \rightleftharpoons H^+ + C_2H_3O_2^-$
Perchloric	$HClO_4 \rightarrow H^+ + ClO_4^-$	Hydrosulfuric	$H_2S \rightleftharpoons H^+ + HS^-$
Nitric	$HNO_3 \rightarrow H^+ + NO_3^-$	Carbonic	$H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$
Sulfuric	$H_2SO_4 \rightarrow H^+ + HSO_4^-$	Hypochlorous	$HClO \rightleftharpoons H^+ + ClO^-$

Acid strength and the Bronsted-Lowry model



In the strong acids:

H_2O is a stronger base (in the forward reaction) than is the conjugate base X^- (in the reverse reaction).

The base H_2O has a much greater attraction for the H^+ ion than does the base X^-.

Therefore, the ionization equilibrium lies almost completely to the right.

In the weak acids:

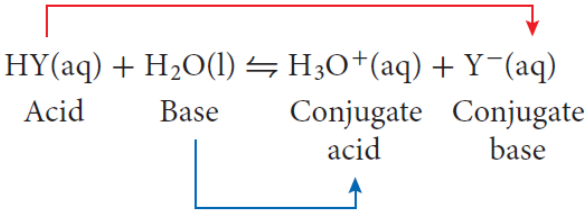
The ionization equilibrium for a weak acid lies far to the left. Why?

.....

.....

.....

.....



Acid ionization constants

The equilibrium constant expression provides the quantitative measure of acid strength.

$$HCN(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + CN^-(aq)$$

Write the equilibrium constant expression for the ionization of hydrocyanic acid.

The concentration of liquid H_2O is considered to be constant in dilute aqueous solutions, so it can be combined with Keq to give a new equilibrium constant, Ka .

Ka= _____ = 6.2 x 10^{-10}

Acid ionization constant (Ka) is the value of the equilibrium constant expression for the ionization of a weak acid.

The weakest acids have the smallest Ka values. Explain.

.....

Note that each ionization of a polyprotic acid has a Ka value, and the values decrease for each successive ionization.

Acid	Ionization Equation	K_a (298 K)
Hydrosulfuric, first ionization	$H_2S \rightleftharpoons H^+ + HS^-$	8.9×10^{-8}
Hydrosulfuric, second ionization	$HS^- \rightleftharpoons H^+ + S^{2-}$	1×10^{-19}

PRACTICE Problems

Write ionization equations and acid ionization constant expressions for each acid.

a. $HClO_2$

b. HNO_2

c. HIO

Write the first and second ionization equations for H_2SeO_3 .

Given the expression Ka =, $\frac{[AsO_4^{3-}][H_3O^+]}{[HAsO_4^{2-}]}$ write the balanced equation for the corresponding reaction.

Strengths of Bases

A base that dissociates entirely into metal ions and hydroxide ions is known as a **strong base**.

Some metallic hydroxides, such as calcium hydroxide ($Ca(OH)_2$) have low solubility but they are considered strong bases because all of the compound that dissolves is completely dissociated.

A **weak base** ionizes only partially in dilute aqueous solution.

$$CH_3NH_2(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons CH_3NH_3^+(aq) + OH^-(aq)$$

This equilibrium lies far to the left. Explain.

.....

Table 5 Dissociation Equations for Strong Bases

$NaOH(s) \rightarrow Na^+(aq) + OH^-(aq)$
$KOH(s) \rightarrow K^+(aq) + OH^-(aq)$
$RbOH(s) \rightarrow Rb^+(aq) + OH^-(aq)$
$CsOH(s) \rightarrow Cs^+(aq) + OH^-(aq)$
$Ca(OH)_2(s) \rightarrow Ca^{2+}(aq) + 2OH^-(aq)$
$Ba(OH)_2(s) \rightarrow Ba^{2+}(aq) + 2OH^-(aq)$

Base ionization constants

Write the equilibrium constant expression for the ionization of methylamine (CH_3NH_2).

Kb =

Base ionization constant (Kb) is the value of the equilibrium constant expression for the ionization of a base.

The smaller the value of Kb , the weaker the base. Explain.

.....

Table 6 Ionization Constants of Weak Bases

Base	Ionization Equation	K_b (298 K)
Ethylamine	$C_2H_5NH_2(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons C_2H_5NH_3^+(aq) + OH^-(aq)$	5.0×10^{-4}
Methylamine	$CH_3NH_2(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons CH_3NH_3^+(aq) + OH^-(aq)$	4.3×10^{-4}
Ammonia	$NH_3(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$	2.5×10^{-5}
Aniline	$C_6H_5NH_2(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons C_6H_5NH_3^+(aq) + OH^-(aq)$	4.3×10^{-10}

PRACTICE Problems

Write ionization equations and base ionization constant expressions for the following bases.

a. hexylamine ($C_6H_{13}NH_2$)

b. carbonate ion ($CO3^{2-}$)

c. propylamine ($C_3H_7NH_2$)

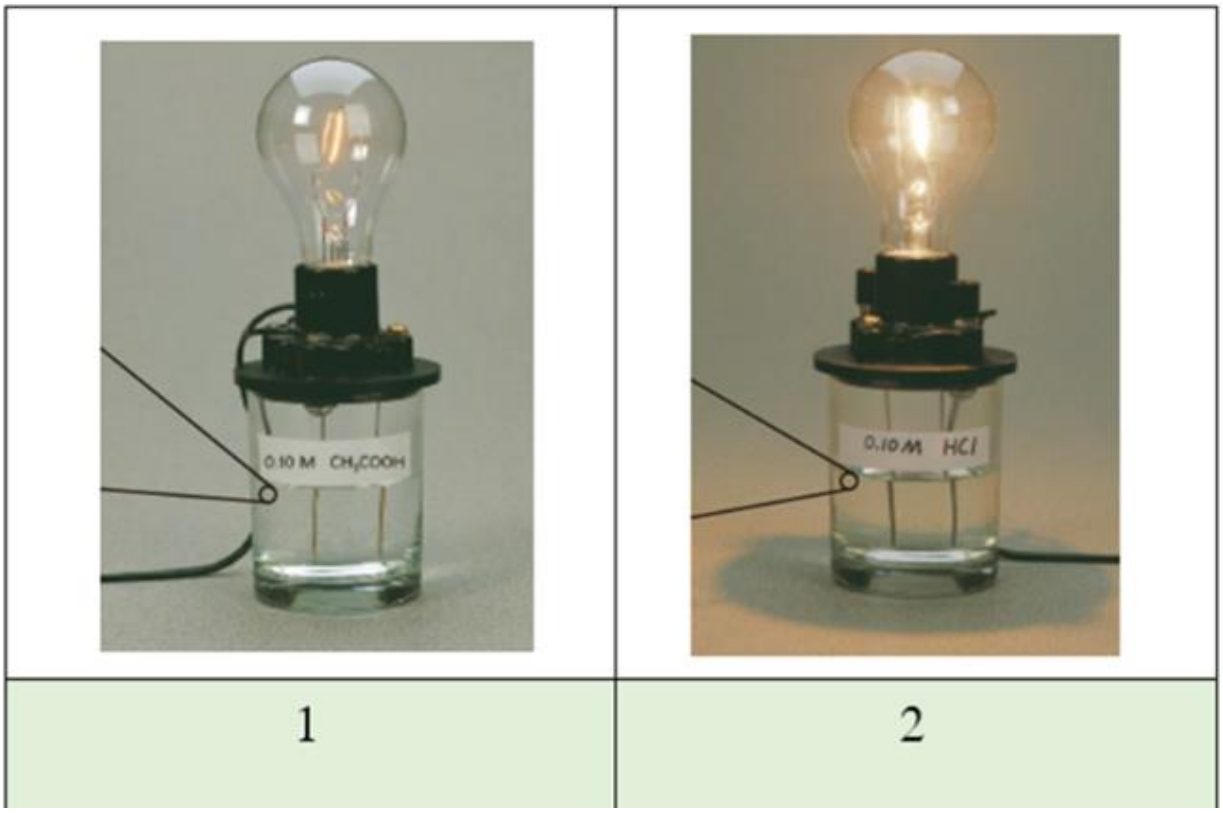
d. hydrogen sulfite ion (HSO_3^-)

Write an equation for a base equilibrium in which the base in the forward reaction is PO_4^{3-} and the base in the reverse reaction is OH^- .

Strong acids		Strong bases	
HCl	Hydrochloric acid	NaOH	Sodium hydroxide
HBr	Hydrobromic acid	KOH	Potassium hydroxide
HI	Hydroiodic acid	RbOH	Rubidium hydroxide
HNO_3	Nitric acid	CsOH	Cesium hydroxide
H_2SO_4	Sulfuric acid	LiOH	Lithium hydroxide
$HClO_4$	Perchloric acid	$Ca(OH)_2$	Calcium hydroxide
$HClO_3$	Chloric acid	$Ba(OH)_2$	Barium hydroxide
		$Sr(OH)_2$	Strontium hydroxide

Regarding the figure below, which of the following is correct?

فيما يتعلق بالشكل أدناه، أي مما يأتي صحيح؟



- The light is dim in 1 because CH_3COOH is a strong acid — يكون ضوء المصباح باهتًا في 1 لأن CH_3COOH حمض قوي
- The light glows brightly in 2 because HCl ionizes only partially — يتوهج المصباح توهجًا ساطعًا في 2 لأن حمض HCl يتأين جزئيًا فقط
- The light glows brightly in 2 because HCl is a strong acid — يتوهج المصباح توهجًا ساطعًا في 2 لأن HCl حمض قوي
- The light is dim in 1 because CH_3COOH ionizes completely — يكون ضوء المصباح باهتًا في 1 لأن حمض CH_3COOH يتأين تمامًا

What is the correct **descending** order of the acids in the table below according to the concentrations of ions in each solution?

ما الترتيب **التنازلي** الصحيح للأحماض الواردة في الجدول أدناه وفقًا لتراكيز الأيونات في محلول كل منها؟

ثوابت التأين Ionization Constants	الحمض Acid
8.9×10^{-8}	H_2S
6.3×10^{-4}	HF
1.8×10^{-5}	CH_3COOH
4.5×10^{-7}	H_2CO_3

- $H_2S \longrightarrow H_2CO_3 \longrightarrow HF \longrightarrow CH_3COOH$ ○
- $HF \longrightarrow CH_3COOH \longrightarrow H_2CO_3 \longrightarrow H_2S$ ○
- $H_2S \longrightarrow H_2CO_3 \longrightarrow CH_3COOH \longrightarrow HF$ ○
- $CH_3COOH \longrightarrow HF \longrightarrow H_2CO_3 \longrightarrow H_2S$ ○

Which of the following statements is correct about the reaction shown below?	أي العبارات التالية صحيحة بالنسبة للتفاعل أدناه؟
$CH_3NH_2(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons CH_3NH_3^+(aq) + OH^-(aq)$	
A. The base CH_3NH_2 is weak and the conjugate base OH^- is strong	A. القاعدة CH_3NH_2 ضعيفة والقاعدة المرافقة OH^- قوية
B. The base CH_3NH_2 is strong and the conjugate base OH^- is weak	B. القاعدة CH_3NH_2 قوية والقاعدة المرافقة OH^- ضعيفة
C. OH^- ion has lowest attraction for H^+ ion than has a molecule of CH_3NH_2	C. أيون OH^- يمتلك جذبًا لأيون H^+ أقل مما يمتلكه جزيء CH_3NH_2
D. The equilibrium lies far to the right	D. يتجه الاتزان بعيدًا إلى اليمين

Which of the following substances ionize completely in aqueous solutions producing hydronium ions H_3O^+?	أي من المواد التالية تتأين تمامًا في المحاليل المائية وتنتج أيونات الهيدرونيوم H_3O^+ ؟

I.	HCl
II.	$HC_2H_3O_2$
III.	H_2SO_4
IV.	HClO

A. I and II	A. I و II
B. II and III	B. II و III
C. I and III	C. I و III
D. I, II and IV	D. I و II و IV

What is the acid ionization constant of the equation shown below?	ما تعبير ثابت تأيّن الحمض للمعادلة المبيّنة أدناه؟

$$HNO_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \leftrightharpoons H_3O^+_{(aq)} + NO_2^-{}_{(aq)}$$

$$K_a = \frac{[H_3O^+][NO_2^-]}{[HNO_2]}$$

$$K_a = \frac{[H_3O^+][NO_2^-]}{[HNO_2][H_2O]}$$

$$K_a = \frac{[HNO_2]}{[H_3O^+][NO_2^-]}$$

$$K_a = \frac{[HNO_2][H_2O]}{[H_3O^+][NO_2^-]}$$

Which of the following statements is correct about the reaction shown below?	أي العبارات التالية صحيحة بالنسبة للتفاعل أدناه؟

$$HC_2H_3O_2(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + C_2H_3O_2^-(aq)$$

A. The acid $HC_2H_3O_2$ is strong and the conjugate base $C_2H_3O_2^-$ is weak	A. $HC_2H_3O_2$ حمض قوي و القاعدة المرافقة $C_2H_3O_2^-$ ضعيفة
B. The base $C_2H_3O_2^-$ is weak than H_2O base	B. القاعدة $C_2H_3O_2^-$ أضعف من القاعدة H_2O
C. The conjugate base $C_2H_3O_2^-$ has greater attraction for H^+ ion than does the base H_2O	C. القاعدة المرافقة $C_2H_3O_2^-$ تمتلك جذبًا لأيون H^+ أقوى مما تمتلكه القاعدة H_2O
D. The equilibrium lies far to the right	D. يتجه الاتزان بعيدًا إلى اليمين

Which of the following substances dissociate completely in aqueous solutions producing hydroxide ions OH^- ?	أي من المواد التالية تتفكّك تمامًا في المحاليل المائية وتنتج أيونات الهيدروكسيد OH^- ؟

I.	NaOH
II.	NH_3
III.	$Ca(OH)_2$
IV.	CH_3NH_2

A. I and II	A. I و II
B. I and III	B. I و III
C. II and III	C. II و III
D. I, III and IV	D. I و III و IV

Which of the following statements is correct regarding the following ionization equation?

أي العبارات التالية صحيحة فيما يتعلق بمعادلة التأين التالية ؟

$$NH_3(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$$

The equilibrium lies far to the left because the base NH_3 is strong, and the conjugate base OH^- is weak

يتجه الاتزان بعيدًا إلى اليسار لأن القاعدة NH_3 قوية والقاعدة المرافقة OH^- ضعيفة

The equilibrium lies far to the left because the base NH_3 is weak, and the conjugate base OH^- is strong

يتجه الاتزان بعيدًا إلى اليسار لأن القاعدة NH_3 ضعيفة والقاعدة المرافقة OH^- قوية

The equilibrium lies far to the right because the base NH_3 is weak, and the conjugate base OH^- is strong

يتجه الاتزان بعيدًا إلى اليمين لأن القاعدة NH_3 ضعيفة والقاعدة المرافقة OH^- قوية

The equilibrium lies far to the right because the base NH_3 is strong, and the conjugate base OH^- is weak

يتجه الاتزان بعيدًا إلى اليمين لأن القاعدة NH_3 قوية والقاعدة المرافقة OH^- ضعيفة

Which of the following statements is correct regarding the following ionization equations?

أي العبارات التالية صحيحة فيما يتعلق بمعادلات التأين التالية ؟

K_a (298 K)	معادلة التأين Ionization equation	الحمض Acid
8.9×10^{-8}	$H_2S \rightleftharpoons H^+ + HS^-$	الهيدروكبريتيك، التأين الأول Hydrosulfuric, first ionization
1×10^{-19}	$HS^- \rightleftharpoons H^+ + S^{2-}$	الهيدروكبريتيك، التأين الثاني Hydrosulfuric, second ionization

The acid in the first ionization is weaker than the acid in the second ionization

الحمض في التأين الاول أكثر ضعفًا من الحمض في التأين الثاني

The concentrations of ions produced by the second ionization are greater than the concentrations of ions produced by the first ionization

تراكيز الأيونات الناتجة من التأين الثاني أكبر من تراكيز الأيونات الناتجة من التأين الأول

Hydrosulfuric acid is a strong acid because it is a polyprotic

حمض الهيدروكبريتيك حمض قوي لأنه متعدد البروتون

The acid in the second ionization is weaker than the acid in the first ionization

الحمض في التأين الثاني أكثر ضعفًا من الحمض في التأين الأول

The bulb is connected to a solution of 0.1 M HCl in figure 1 ,while the bulb is connected to a solution of 0.1M $HC_2H_3O_2$ in figure 2.

المصباح موصل بمحلول 0.1 M HCl في الشكل 1 ، بينما المصباح موصل بمحلول 0.1 M $HC_2H_3O_2$ في الشكل 2 .

What is the reason for the difference in the brightness of the bulb in the two figures below?

ما سبب الاختلاف في سُطوع المصباح في الشكلين أدناه ؟

2

1

$HC_2H_3O_2$ is a strong acid and completely ionizes in aqueous solution

الحمض $HC_2H_3O_2$ حمض قوي ويتأين بشكل تام في المحلول المائي

The number of ions in HCl solution is less than the number of ions in $HC_2H_3O_2$ solution

عدد الأيونات في المحلول HCl أقل من عدد الأيونات في المحلول $HC_2H_3O_2$

The number of ions in HCl solution is more than the number of ions in $HC_2H_3O_2$ solution

عدد الأيونات في المحلول HCl أكثر من عدد الأيونات في المحلول $HC_2H_3O_2$

HCl is a weak acid and only partially ionizes in aqueous solution

الحمض HCl حمض ضعيف ويتأين جزئيًا فقط في المحلول المائي

Which of the following statements is correct according to the data in the table below?

أي العبارات التالية صحيحة فيما يتعلق بالبيانات الواردة بالجدول أدناه؟

K_a (298 K)	معادلة التأين Ionization equation	الحمض Acid
4.5×10^{-7}	$H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$	الكربونيك، التأين الأول Carbonic, first ionization
4.7×10^{-11}	$HCO_3^- \rightleftharpoons H^+ + CO_3^{2-}$	الكربونيك، التأين الثاني Carbonic, second ionization

Carbonic acid is a strong acid because it is a polyprotic

حمض الكربونيك حمض قوي لأنه متعدد البروتون

The concentrations of ions produced by the second ionization are greater than the concentrations of ions produced by the first ionization

تراكيز الأيونات الناتجة من التأين الثاني أكبر من تراكيز الأيونات الناتجة من التأين الأول

The acid in the first ionization is weaker than the acid in the second ionization

الحمض في التأين الأول أضعف من الحمض في التأين الثاني

The acid in the second ionization is weaker than the acid in the first ionization

الحمض في التأين الثاني أضعف من الحمض في التأين الأول

Which of the following statements is correct according to the following ionization equation?

أي العبارات التالية صحيحة فيما يتعلق بمعادلة التأين التالية؟

$$HCN(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + CN^-(aq)$$

The equilibrium lies far to the right because the conjugate base **CN^-** has a greater attraction for the **H^+**ion than does the base **H_2O**

يتجه الاتزان بعيدًا إلى اليمين لأن القاعدة المرافقة **CN^-** تمتلك جذبًا للأيون **H^+** أكبر من القاعدة **H_2O**

The equilibrium lies far to the left because the conjugate base **CN^-** has a greater attraction for the **H^+**ion than does the base **H_2O**

يتجه الاتزان بعيدًا إلى اليسار لأن القاعدة المرافقة **CN^-** تمتلك جذبًا للأيون **H^+** أكبر من القاعدة **H_2O**

The equilibrium lies far to the right because the conjugate base **CN^-** has less attraction for the **H^+**ion than does the base **H_2O**

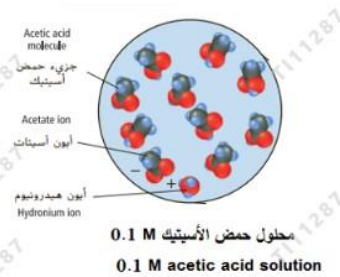
يتجه الاتزان بعيدًا إلى اليمين لأن القاعدة المرافقة **CN^-** تمتلك جذبًا للأيون **H^+** أقل من القاعدة **H_2O**

The equilibrium lies far to the left because the conjugate base **CN^-** has less attraction for the **H^+**ion than does the base **H_2O**

يتجه الاتزان بعيدًا إلى اليسار لأن القاعدة المرافقة **CN^-** تمتلك جذبًا للأيون **H^+** أقل من القاعدة **H_2O**

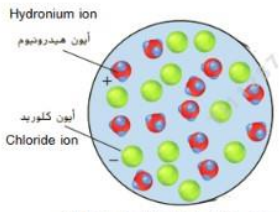
What is the difference between the two figures below?

ما وجه الاختلاف بين الشكلين أدناه؟



محلول حمض الأسيتيك 0.1 M

0.1 M acetic acid solution



محلول حمض الهيدروكلوريك 0.1 M

0.1 M hydrochloric acid solution

HCl acid solution is weak conductors of electricity while the $HC_2H_3O_2$ acid solution is good conductors of electricity	محلول حمض **HCl** من الموصلات الضعيفة للكهرباء بينما محلول حمض $HC_2H_3O_2$ من الموصلات الجيدة للكهرباء
The **HCl** acid molecules contained in the solution are ionized partially while the $HC_2H_3O_2$ acid molecules contained in the solution are ionized completely	تتأين جزيئات حمض **HCl** التي يحتويها المحلول جزئيًا بينما تتأين جزيئات حمض $HC_2H_3O_2$ التي يحتويها المحلول تمامًا
HCl acid solution produces a maximum number of ions while $HC_2H_3O_2$ acid solution produces fewer ions	ينتج محلول حمض **HCl** أقصى عدد من الأيونات بينما ينتج محلول حمض $HC_2H_3O_2$ أيونات أقل
HCl acid solution produces fewer ions while $HC_2H_3O_2$ acid solution produces a maximum number of ions	ينتج محلول حمض **HCl** أيونات أقل بينما ينتج محلول حمض $HC_2H_3O_2$ أقصى عدد من الأيونات