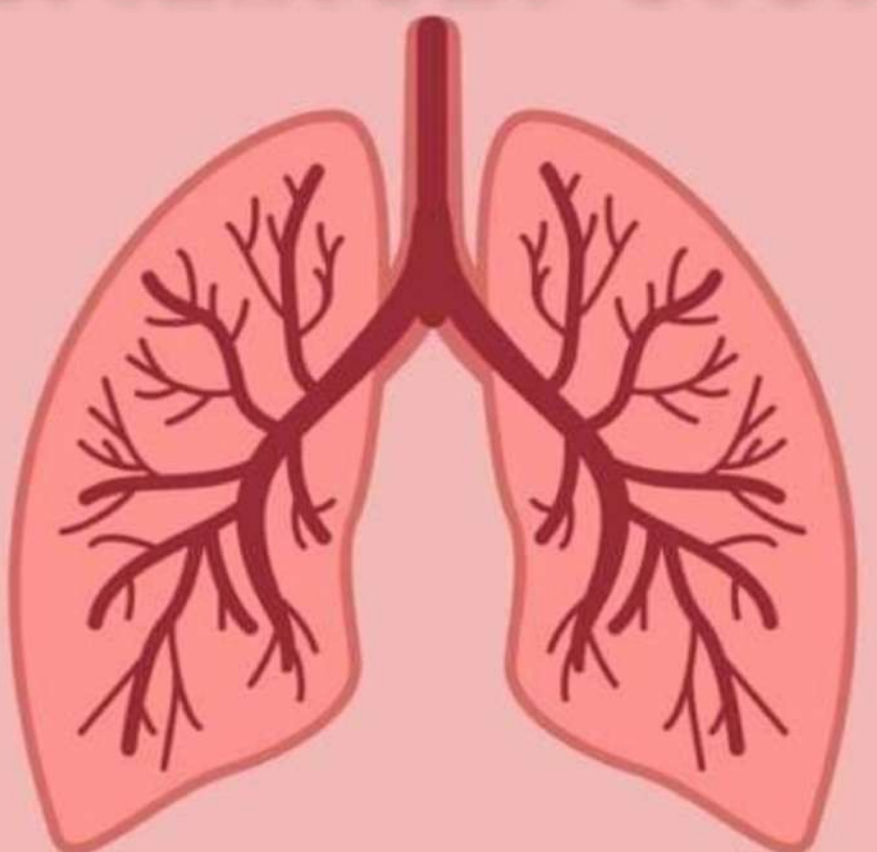
النادي الطبي

RESPIRATORY SYSTEM



SUBJECT : Acid base balance and the respiratory system

LECTURE :

DONE BY : Bahaa obeidat

Acid base balance and the respiratory system

By

Dr. Walaa Bayoumie El-Gazzar

Remember

هون شوية معلومات قديمة اخذناها من قبل انه المحاليل المتعادلة قيمة **ph** تساوي **7** واما الحمض فهو اقل من **7**والقاعدي بيكون اكبر من **7**وعندي الراينج تبع ال **ph** من ١-١٤

- Generally, the pH of:

  A: Neutral solution is equal to 7

  B: Acidic solution is less than 7 because it contains more H^+ ions (**proton donors**).

  C: Basic solution is more than 7 because it contains less H^+ ions (**proton acceptors**).

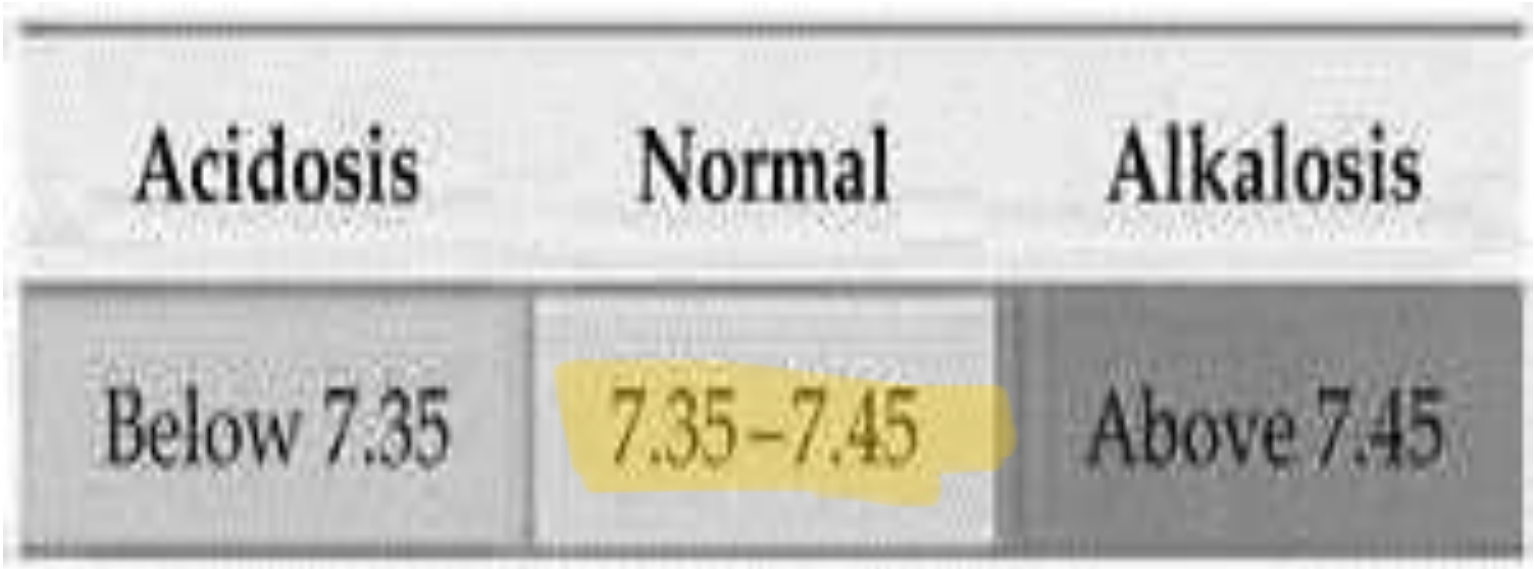
- ***pH range:*** It starts from 1-14.

ال ph لدمنا كم ؟

طبعا ال ph حفظ عن ظهر قلب

ال ph تبعنا الnormal
بيكون من 7.35الى7.45

- **Normal blood pH is kept within a very limited range (7.35-7.45)**



هذا الrange بكون very narrow ومش لازم يعلى او يقل عن هذا الrange
لكن اذا قل عن هذا الrange بحكي عنه acidosis ولو زاد عنه بكون دخلت بمرحلة ال alkalosis

طب ليش احنا محتاجين انه نحافظ على ال **ph** ضمن ال **range** هاض

لانه ال **ph** الي **around** ال**7.4** هو ال **ph** المناسب لل **function** تبعت معظم ال **enzymes** الموجودة بجسمنا وطبعا احنا عارفين انه ال **metabolic reaction** تبعتنا ما هي الا تفاعلات انزيمية فلازم ال**enzymes** هاي تكون ب**ph** مناسب تشتغل فيه لو ال **ph** تغير فال**enzymes** هاي رح توقف شغلها فبالتالي ال **metabolism** كله رح يخرب

فلذلك لازم كل **acid** وكل **base** بتنضاف لجسمنا لازم **rapidly** اعمل **bufferd** لالهم .طب رح تحكولي شو معنى **bufferd** معناها اني اعادل ال **acid** وال **base** الي بنضاف لاجسامنا

طب احنا عارفين انه ليل نهار ال **metabolism** تبعنا بطلعلنا **acides** ومرات **bases** بس بأغلبية ال**metabolism** عندنا بجسمنا بطلع احماض مش قلويات يعني جسمنا يميل الى حالة **acidosis** بسبب نواتج ال **metabolic reaction**

فلازم اي **acid** بنضاف لجسمي اعادله سريعا

- During metabolic reactions inside the body, acids and bases are formed, or they may be taken by any mean.

- It is very important to keep the pH of the blood and tissues **around 7.4**, which is suitable to the functions of most body enzymes. **(enzymes, which control metabolic reactions, are very sensitive to changes in pH. So any acid or base formed inside the body should be rapidly and effectively buffered to allow such reactions to proceed).**

طبعا هاي الارقام حفظ زي ال ph برضه عن ظهر قلب

- **Arterial oxygen partial pressure (PaO2)= 75 –100 mmHg**

- **Arterial carbon dioxide partial pressure (PaCO2)= 35–45 mmHg**

هاي الارقام حفظ لانه اي حدا بشتغل بال **ICU** على طول بيتعامل مع المرضى تبعونه دايما بحاول يزبطلهم ال **ph** وعشان ازبط ال **ph** لازم اكون عارف هاي الارقام لانه بال **Icu** ما رح تقول للمريض بدي اراجع المعلومة هاي لاني ناسيها فلازم الارقام هاي تكون محفورة براسك لانك رح تستخدمها كثير

- **Bicarbonate (HCO3–) = 22-26 mmol/L**

طيب ايش يعني ال **partial pressure** تبع اي غاز هو قياس
لل**thermodynamic activity** لل**gas molecule** ايش يعني
thermodynamic activity معناها هو نشاط ال **molecule** فنشاطها مش تركيزها النشاط تبع ال**molecule** هو الي بحدد ال **diffusion** وال **reaction** تبع ال**gasmolecule** مش ال **concentration**

pH fighters

There are 3 lines of defenses ***(pH fighters)*** which regulate the pH:

- 1- The first line of defense is the **blood buffer.**
- 2- The second line of defense is the **respiratory regulation.**
- 3- The third line of defense is the **renal regulation.**

حكينا قبل شوي انه اذا فات **acid** او **base** لجوا الجسم لازم اعمللهم **bufferd** ويكون **rabidly**
بس ما حكينا كيف بصير الحكي هاض
الي بعملولي **bufferd** لل**acid**وال **base** اشياء بسموها **ph fighters**

ال **ph fighters** مكونات من **3line of defenses**
اول **line** الي هو **blood buffer**
ثاني **line** هو **respiratory regulation**
ثالث **line** هو **renal system** او **renal regulation**

Buffers

- **Def.** They are solutions that **resist changes** in their pH when moderate amounts of acids or bases are added.

- Composition of a Buffer

Buffers are of two types:

a. Mixtures of weak acids and their salt with a strong base.
Carbonic acid / Na-bicarbonate mixture **(H_2CO_3 / $NaHCO_3$)**

Acetic acid / Na acetate mixture **(CH_3COOH /CH_3COONa)**

b. Mixtures of weak bases and their salt with a strong acid.
Ammonium hydroxide / ammonium chloride **(NH_4OH /NH_4Cl)** mixture.

شو معنى buffer ؟

هي عبارة عن المصدات او الاشياء الي بتعملي تعادل لشيء معين طب ايش رح تصد او رح تعمل resist لايش .هاي ال buffer عبارة عن solution موجودة بال blood وال cells بتعملي resist لاي تغير بال ph الناجم من اضافة acid او base يعني هاي ال buffer او ال solution هاي رح تصدلي اي acid او اي base رح ينضاف لل blood وبالتالي بتمنع حدوث اي تغير بال ph

بس في ملاحظة انه احنا حكينا هاي ال buffer بتشتغل لما نضيف moderate amount من ال acid او الbase بس اذا تم اضافة كميات كبيرة منها الbuffer system ما رح يقدر يواجهها فبالتالي رح ادخل اما acidosis او alkalosis

طب هاي السوائل مشان نعرف كيف بتشتغل لازم نعرف من ايش بتتكون

a. Mixtures of weak acids and their salt with a strong base.
Carbonic acid / Na-bicarbonate mixture **(H2CO3 / NaHCO3)**

Acetic acid / Na acetate mixture **(CH3COOH /CH3COONa)**

ايش يعني الي موجود بال صورة انه انا بجيب خليط ما بين حمض ضعيف وملحه
طب كيف بتكون ملح الحمض هاض اني بضيف على الحمض الضعيف قاعدة قوية فبتكون هندي ملح اصله
حمض ضعيف وقاعدة قوية وزي ما اخذنا بالتوجيهي الملح الي اصله حمض ضعيف وقاعدة قوية بكون قاعدي

المثال الموجود عال **carbonic acid** هسا حكينا انه اول نوع من ال **buffer**
عبارة عن حمض ضعيف وملحه هون الحمض الضعيف هو ال **carbonic**
acid طب كيف اجيب ملحه بنضيف عليه قاعدة قويه زي ال**NaOH** فبتكون
عندي الملح وبكون تأثيره قاعدي
فصفا ال**buffer** متكون من ال حمض الي هو **H2co3**وملحه الي هو
NaHco3 فالخليط جزء **acidic** وجزء **basic**
والمثال الثاني نفس الاشي

مهم

كل ال **buffer system** الموجودة بجسمنا عبارة عن **weak acid** مع ملحه الي بكون معاه strong base

b. Mixtures of weak bases and their salt with a strong acid.
Ammonium hydroxide / ammonium chloride **(NH4OH /NH4CL)** mixture.

في نوع ثاني من ال**buffer**عكس الاول تماما بتكون من weak base مع ملحه الي بكون معاه strong acid

مثال عليه **ammonium hydroxide** عبارة عن قاعدة ضعيفة طب كيف اجيب ملحه عن طريق اضافة حمض قوي زي ال **HCl** رح يعطيني الملح الي هو **ammonium chloride** فال **buffer** بتكون من جزء **acidic** الي هو الملح لانه بتكون من حمض قوي وقاعدة ضعيفة وجزء **basic** والي هو القاعدة الضعيفة الي هي **ammonium hydroxid**

Mechanism of action:

- 1- Addition of a strong acid as HCL to carbonic / bicarbonate system, it reacts with the bicarbonate as follows:

$$NaHCO_3 + HCL \longrightarrow NaCL + H_2CO_3$$

So HCL which is a strong acid is neutralized forming NaCL and H2CO3. The latter is a weak acid which produces minimal change in the pH of the solution.

كيف بشتغلو هذول ال **buffer**

الطريقة الاولى اذا تم اضافة Hcl وهو حمض قوي رح استخدم ضده ال mixture المتكون من carbonic acid /bicarbonatبس كيف بتم التفاعل -التفاعل بتم انه ال Hcl رح يشتغل عليها الجزء القاعدي من الخليط والي هو الملح ورح يتكون عندي ملح متعادل وحمض ضعيف طب رح تحكو طب طلع عنا حمض برض ورح تحكو ما نحلت المشكلة انا رح احكيلك انه ال حمض الي تكون هو حمض ضعيف لكن الي كان موجود كان حمض قوي الي هو الHCl فانا عادلت ال strong acid وكونت weak acid وهذا ال weak acid بعمل minimum change في ال ph بقدر اتغلب عليها بال secand line defense

ال mixture الي اسمه bicarbonate buffer system هو اهم mixture موجود عندي بالجسم والدم الي هو H2co3

الطريقة الثانية هي انه لما يتم اضافة قاعدة قوية زي ال NaOH فبنستخدم carbonic -bicarbonat system بس هون رح يتفاعل الجزء ال acid الي هو H2co3 مع ال NaOH فرح يعطينيNaHco3و H2O فهذا ال NaHCO3عبارة عن weak base فانا حولت ال strong baseالى weak base فرح يعنلي minimal change في ال ph

- 2- Addition of strong base as NaOH to carbonic-bicarbonate system, it reacts with carbonic acid as follows:

$$H_2CO_3 + NaOH \longrightarrow NaHCO_3 + H_2O$$

$NaHCO_3$ is a weak basic salt, which produces minimal change in the pH of the solution and the OH^- of NaOH is neutralized to form water.

- Addition of excess amounts of acids or bases to a buffer, **may cause depletion** of the buffer system which is followed by marked change in the pH of the solution.

هسا ال **buffer** موجودات عنا بتركيز معين بجسمنا فاذا تم اضافة كميات كبيرة من ال **acid** وال **base** رح يتم استهلاك هاي ال**buffer** ورح يقل تركيزهم وبالتالي هون بكون صار **depletion** لل **buffer system** ورح يتبعه تغير ملحوظ لل **ph**

انواع ال **buffer** الكتب بتقسمها
لنوعين بس همه نفس الاشي يعني

TYPES OF BUFFER:

- There are two types of buffers: Physiological buffer systems & blood buffer.

- **PHYSIOLOGICAL BUFFER SYSTEMS:**

The most important physiological buffer systems are:

-Bicarbonate

-Phosphate and

-Protein systems

- **Blood buffers:**

Include all the physiological buffer system mentioned above. The protein system includes the plasma proteins, albumin, globulins, and fibrinogen, in the plasma, and the **hemoglobin** and **oxyhemoglobin** buffering system in the red blood cells.

- **PHYSIOLOGICAL BUFFER SYSTEMS:**

The most important physiological buffer systems are:

-Bicarbonate اهم واحد

-Phosphate and

-Protein systems

لانه هو المسؤول انه يحافظلي على ال **ph** بال **blood** وفي الجسم عموما

ال**bicarbonat** الي هو بتكون من **H2CO3**و **NaHCO3** وانا بعمل المستحيل مشان احافظ على ال**consentration**تبع ال **H2CO3**وال **NaHCO3** ضمن ال**range**

- **Blood buffers:**

Include all the physiological buffer system mentioned above. The protein system includes the plasma proteins, albumin, globulins, and fibrinogen, in the plasma, and the **hemoglobin** and **oxyhemoglobin** buffering system in the red blood cells.

ال **blood** بتكون من **blasma** و **RBC** ال**blasma** بتكون زي النوع الاول فيها **bicarbonate** وبروتين وفوسفات بس هون البروتينات الموجودة بالبلازما هي blasma proten

جوا ال**RBC** برضه رح الاقي **bicarbonate** و **phosphate** وبج**proten** بس ايش هي ال**proten** الموجودة جوا ال**RBC** انا بحكيلك ايش همه الاول هو hemoglobin والقاني oxyhemoglobin

Bicarbonate system(BHCO3/H2CO3)

- The normal plasma **bicarbonate level is 24mmol/l** while the normal plasma **carbonic acid is 1.2 mmol/L**.
- It is found that **the ratio between bicarbonate to carbonic acid is equal to 20:1.**
- B denotes to Na^+ ions if the system acts extracellular or K^+ ions if the system acts intracellular.

BHCO3/H2CO3)

ال **B** هاي الموجودة بالاسم اما بتكون **Na** في حال كان
extracellular يعني زي ال **plasma** يعني بالمختصر برا الخلايا
اما جوا الخلايا يعني **intracellular** بتكون ال **B** بوتاسيوم يعني **K**

- The normal plasma **bicarbonate level is 24mmol/l** while the normal plasma **carbonic acid is 1.2 mmol/L**.
- It is found that **the ratio between bicarbonate to carbonic acid is equal to 20:1.**

حكينا احنا قبل انه معظم ال **metabolism** الي بجسمنا بتطلعلنا **acid** يعني جسمنا بميل الى حالة ال **acidosis** فبالتالي من المنطقي يكون عندي تركيز ال **bicarbonat** **(BHCO3)**اكبر من ال **carbonic acid (H2CO3)**لانه انا بدي اعادل ال **acid** بالجزء القاعدي من ال **buffer** فعشان هيك التركيز تبع ال **bicarbonate** اكبر

احنا اخذنا تركيز ال **bi carbonate** فوق بالسلايد الي قبل وحكينا انه حفظ عن ظهر قلب وكانت من **22** ل **26** يعني المتوسط تبعها **24** زي ما هو مكتوب وتركيز ال **carbonic acid** بتكون **1.2** يعني لما نطلع النسبة او المعدل تبعهم رح نلاقي النسبة **20** الى **1** ولازم نحافظ على هدا ال **ratio**

(BHCO3/H2CO3)

- Bicarbonate buffer system accounts for 65 % of buffering capacity in plasma and 40 % of buffering action in the whole body.

- Bicarbonate is regulated by the kidney **(Metabolic component)** while the carbonic acid is under respiratory regulation **(Respiratory component).**

مين الي بحافظ على تركيز ال **bicarbonate** وتركيز ال **carbonic acid** بحيث تضل النسبة بيناتهم **20** الى **1**تركيز ال **bicarbonate** المسؤول عن المحافظة عليه هي ال **kidney** وال **carbonic acid** مسؤول عن المحافظة على تركيزه هو ال **respiratory system**

- The bicarbonate system is the most efficient for the buffering of all acids added to the blood, **other than carbonic acid**, because:

A- It is present at a higher concentration than the other buffers.

B- The ratio **BHCO3/H2CO3**, which determines the pH of the system **(20:1 at pH 7.4),** can be readily corrected by respiration. This is because H2CO3 can be rapidly converted to CO2, by the help of the enzyme **carbonic anhydrase,** and disposed of by the lungs.

Thus, if an acid is added to the blood, it converts the BHCO3 to H2CO3, decreasing their ratio below 20:1. the blood pH decreases, and acidosis occurs.

This rapidly stimulates respiration, leading to loss of CO2 through the lungs and decreasing H2CO3. the ratio BHCO3/H2CO3 increases to 20:1 and the blood pH becomes 7.4.

هون بوضحلك ليش ال bicarbonate system مهم
اول اشي لانه تركيزه كبير مقارنة بباقي الbuffers

ثانيا انه ال ratio الي بنحارب مشان نحافظ عليه 20الى 1الي احنا لو حافظنا عليه رح نضمن انه الph تبعنا يكون 7.4 النسبة هاي سهل تصليحها لو خربت
مثال انه انا ضفت acid لهذا الزbuffer system الجزء ال basic رح يواجهه ويحوله الى H2CO3 (weak acid) فبالتالي الH2CO3 زاد فبالتالي ال ratio تبعنا رح يقل فرح ادخل في acidosis في عنا طريقة سريعة اني اتخلص من الH2CO3 الي هي عن طريق enzyme اسمه carbonic anhydrase رح يحولي ال H2CO3 الى co2 و H2o ال co2 رح تطلع عن طريق ال lung بكل سهوله بمجرد انه يصير معنا hyperventilation يعني اني اصير اتنفس بسرعة فبالتالي رح تخلص من ال H2CO3 ورح يرجع تدريجيا ال ratio لـ20الى 1

فأهميته بتكون لانه سهل اتعامل معه وسهولة تصليح ال ratio

معلومة مهمة انه ال bicarbonate system بعمل buffer لكل الacid ما عدا ال carbonic acid هذا ال hemoglobin وال oxyhemoglobin بعالجولي اياه

معناه بالعامية مخزون ال **alkal** عندي وال **alkali** الي موجود عندي بال **bicarbonate buffer system** هو ال **bicarbonat**

Alkali Reserve:

- Bicarbonate represents the alkali reserve and it has to be sufficiently high to meet the acid load. If it was too low to give a ratio of 1, all the HCO3–would have been exhausted within a very short time; and buffering will not be effective.

لازم يكون **sufficiently high** واضمن انه نسبته دايما **20** الى **1**

- So, under physiological circumstances, the ratio of 20 (a high alkali reserve) ensures high buffering efficiency against acids.

لو كانت النسيه هاي **1**الى **1** رح يتم استهلاك ال **bicarbonate** ب مدة قصيرة جدا لانه احنا حكينا انه الجسم يميل لحال ال **acidosis** لانه ال **metabolism** بضله ينتج **acid** فبالتالي رح يتراكم **acid** كثير ورح يبطل قادر انه يعمله **buffer**

Buffers Act Quickly, But Not Permanently

- Buffers can respond immediately to addition of acid or base, but they do not serve to eliminate the acid from the body.
- They are also **unable to replenish the alkali reserve of the body.**
- For the final elimination of acids, the **respiratory** and **renal** regulations are very essential.

هون بحكيلك انه ال **buffer** بشتغل بسرعة كونه هو ال **first line** لكنه ما بكمل للنهاية لانه هو بحول ال **acid** ل **weak acid** وما بقدر يتخلص منه لحاله وكذلك هو يعني اخذ من ال **bicarbonat** وما قدر يرجع تركيزه زي ما كان فهو بحاجة لل **renal** و ال **respiratory system** لانه حكينا قبل شوي انه ال**kidney** مسؤولة عن تركيز ال **bicarbonat** وال**respiratory system** مسوول عن ال **H2CO3**

pH of Buffers

مش مهم كثير بس رح يفهمنا ال **ph** تبع ال**buffer** كيف بنحسب والدكتورة حكت انه دكاترة الفسيو همه الي حكولها تضيف المعادلات هاي بس الدكتورة حكت رح تحكيلنا شو بدها منهم بالزبط

- The dissociation of weak acids is a reversible reaction that obeys the law of mass action:

$$HA \longleftrightarrow H^+ + A^-$$

هون ال **ka** قليله لانه الحمض الضعيف ما بتأين بشكل كامل وال **product** بتكون قليلة فبالتالي ال **ka** رح يكون قليل

where [H+] is the concentration of hydrogen ions, [A–] = the concentration of anions or conjugate base, and [HA] is the concentration of undissociated molecules.

Thus, at equilibrium:

$$Ka = \frac{[H^+]\,[A^-]}{[HA]},$$

$$[H^+] = \frac{Ka\,[HA]}{[A^-]}$$

ال **HA** عبارة عن الحمض الي مش متفكك
مثال عليها **H2CO3**

ال **H+**هي ناتجة من تفكك الحمض الضعيف

ال **A-** هي ايضا عبارة عن **counjucated base** ناتجة من تفكك الحمض فهي هون بتمثل ال **Hco3**

كيف نحدد ال **ph** لل **buffer system** فاليكن ال **bicarbonat buffer system**

لما يكون عندي **weak acid** زي مثلا ال **H2CO3** والتفكك تبع اي حمض ضعيف بكون تفكك جزئي يعني التفاعل **reversable**

طب ايش معنى **the law of mass action** معناهى انه **at equilibrium** ال **ratio** بين ال **concentration** تبع المتفاعلات الي هو **(HA)** وال **concentration** تبع النواتج **is constant** نسبة المتفاعلات للنواتج ثابتة وتم تسميته ال **ka** وهو ال **dissociation constant**

- Where Ka is the dissociation constant of the acid. Stronger acids have a higher Ka.

$$[H^+] = \frac{K_a\ [HA]}{[A^-]}$$

فمن خلال المعادلة بقدر اطلع كل اشي بحتاجه من تركيز ال هيدروجين او تركيز الحمض بس الي بدك تطلعه اعمله موضوع قانون وخلص

$$H^+ = Ka \times \frac{Acid}{Salt}$$

ال Ka الي هي ال dossiation في حالة ال constant بتكون عالية لان strong base الاحماض القوية بتتأين بشكل اكبر من الحمض الضعيف فال product بتكون نسبتها عالية فال ka رح يكون عالي

Taking – log this equation we get:

$$-\log [H^+] = -\log Ka + -\log \frac{Acid}{salt}$$

المعادلة هي بتنطبق على الweak acid وعلى اي محلول يحتوي على هذا ال weak acid ايش بقصد انا بأي محلول يحتوي على هذا ال weak acid بقصد ال buffer واهمها bicarbonate buffer system

$$-\log [H^+] = -\log Ka + -\log \frac{Acid}{salt}$$

اضفنا ال **log-** لانه تعريف
تعريف ال **ph** هو **-logH+**

$$pH = pKa + \log \frac{Salt}{Acid}$$

هون السالب راحت لانه قلبنا بين ال ملح وال حمض

The relationship between pH, pKa, concentration of acid and conjugate base (or salt) is expressed by the **Henderson-Hasselbalch equation.**

هاي المعادلة بتوضح العلاقة بين ال ph و ال pka والتركيز تبع الحمض والتركيز تبع ال base تبع ال buffer system تبعي

Application of the Equation

ليش هاي المعادلة مهمة

بقدر اطلع اي طرف مجهول من هاي المعادلة ما دام معي باقي اطراف المعادلة

i. The pH of a buffer on addition of a known quantity of acid and alkali can, therefore, be predicted by the equation.

انه ممكن اعرف ال **PH** من هاي المعادلة
اذا كان الحمض وال alkali معلومة

ii. Moreover, the concentration of salt or acid can be found out by measuring the pH.

iii. The Henderson-Hasselbalch's equation, therefore, has great practical application in clinical practice in assessing the acid-base status.