الاسم : .....

الصف : الثاني عشر – المسار الاكاديمي

المادة : العلوم الحياتية (رقم 2)

الوحدة الأولى : كيمياء الحياة / الدرس الثاني

معلمة المادة : هبة سوداح

الدرس الثاني : الانزيمات وجزيء حفظ الطاقة ATP

الانزيمات

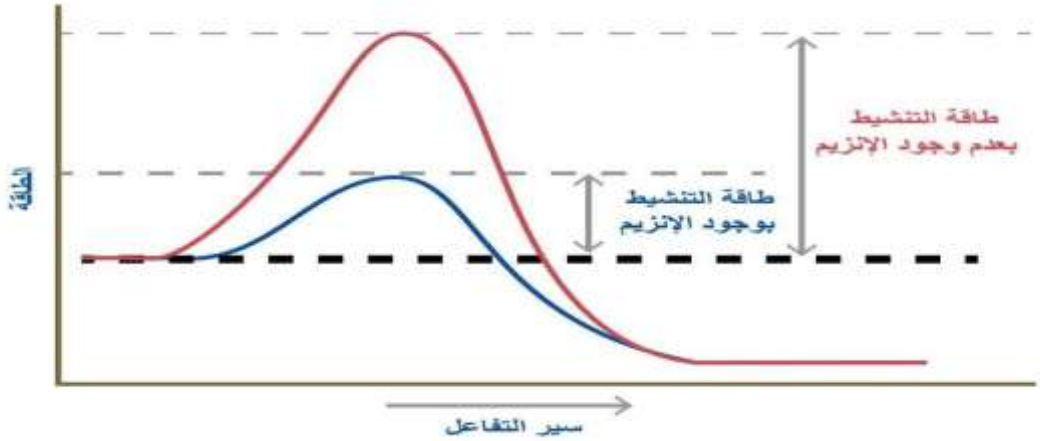
هي مواد كيميائية تتكون معظمها من بروتينات كروية وتعمل على تسريع التفاعلات الكيميائية وتحفيزها وذلك عن طريق تقليل طاقة تنشيط التفاعل دون ان تستهلك ، وتعني كلمة انزيمات (داخل الخميرة) .

تجربة العالم ادوارد بوخنر في اكتشاف الانزيمات

لاحظ بوخنر عند إضافته مستخلصاً من خلايا الخميرة الى سكر السكروز تحطم هذا السكر وإنتاج كحول وغاز ثاني أكسيد الكربون وقد اطلق على هذه المواد المستخلصة من الخلايا اسم انزيمات
وقد نال هذا العالم جائزة نوبل في الكيمياء عام 1907 على هذا الاكتشاف .

- **طاقة تنشيط التفاعل :**

هي الطاقة اللازمة لبدء التفاعل الكيميائي وتحتاج معظم التفاعلات لهذه الطاقة ، وتكون عادة عالية ، وتعمل الانزيمات على تسريع التفاعل عن طريق تقليل طاقة تنشيط التفاعل .



الربط بعلم التصنيع

مساحيق الغسيل الحيوية : استطاع الانسان صناعة مساحيق غسيل حيوية تحتوي على انزيمات تحلل المواد الموجودة في بقع الملابس مثلما تهضم الانزيمات الهاضمة البروتينات وذلك اعتماداً على خصائص الانزيمات،اذ تحلل الانزيمات الموجودة في مسحوق الغسيل البقع مما يؤدي الى تنظيف الملابس من هذه البقع وتعمل هذه المساحيق على درجات حرارة منخفظة مما يعد وسيلة لتوفير الطاقة

خصائص الانزيمات :

1- معظم الانزيمات هي بروتينات كروية .

2- تعمل الانزيمات على تحفيز التفاعلات الكيميائية وتسريعها عن طريق تقليل طاقة تنشيط التفاعل .

3- لا تستهلك الانزيمات اثناء عملها .

4- تعمل الانزيمات على درجة عالية من التخصص لكل انزيم تفاعل خاص به

5- يوجد للانزيم موقع نشط واحد او اكثر .

- **الموقع النشط** : تجويف في الانزيم يتكون من مجموعة من الحموض الامينية ويمثل مكان حدوث التفاعل ويعمل قالب ترتبط به المادة المتفاعلة التي يؤثر فيها الانزيم . (الشكل 28 ص 37)

- **الية عمل الانزيم :**

1- ترتبط المادة المتفاعلة بالموقع النشط للانزيم .

2- ينتج معقد الانزيم – المادة المتفاعلة .

3- ينتج المادة الناتجة + الانزيم .

- **أهمية الموقع النشط** : يمثل قالب ترتبط به المواد المتفاعلة الملائمة لشكله والتي يؤثر فيها الانزيم .

(اتحقق ص 37)

- **من الأمثلة على عمل الانزيمات :**

1- انزيم تصنيع الغلايكوجين : الذي يعمل على ربط الوحدات البنائية (الغلوكوز) لتكوين غلايكوجين بنزع جزي ماء لتكوين روابط غلايكوسيدية .

2- انزيم المالتيز : يعمل على تسريع تفكك المالتوز الى جزيئي غلوكوز باضافة جزيء ماء لتفكيك الرابطة الغلايكوسيدية .

(الشكل رقم 29 ص 37)

- **الية عمل الانزيم بالمعادلة الاتية :**

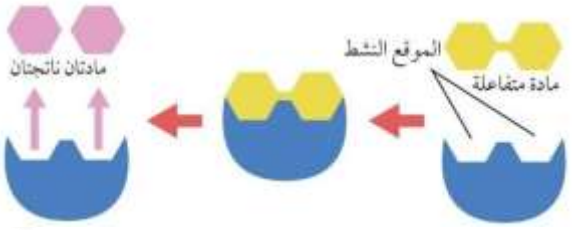
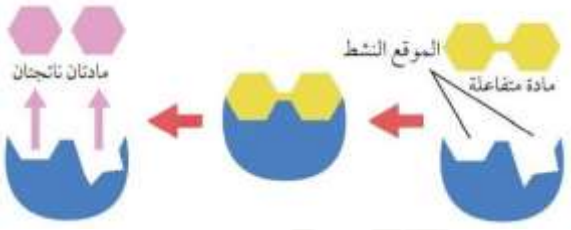
المادة المُتفاعِلة + إنزيم ⟷ (مُعقَّد الإنزيم – المادة المُتفاعِلة) ⟵ إنزيم + المادة الناتجة

مالتوز + إنزيم المالتيز ⟷ (مُعقَّد المالتيز – المالتوز) $\xleftarrow{H_2O}$ إنزيم المالتيز + (2) غلوكوز

- **<u>الفرضيات التي تفسر ارتباط الانزيم بالمادة التي يؤثر فيها :</u>**

وضع العلماء فرضيتين لتفسير عملية ارتباط المادة المتفاعلة بالموقع النشط للانزيم وهما .

أ – فرضية القفل والمفتاح ب – فرضية التلاؤم المستحث .

وجه المقارنة	فرضية القفل والمفتاح	فرضية التلاؤم المستحث
الية العمل	**شكل المادة المتفاعلة يتوافق تماماً مع شكل الموقع النشط للانزيم فترتبط المادة المتفاعلة بالموقع النشط ارتباطاً كاملًا كما تتداخل مسننات المفتاح بالتجاويف المتوافقة مع شكلها في القفل**	**شكل الموقع النشط للانزيم يتغير تغيراً بسيطاً وموقتاً فقط عند ارتباط المادة المتفاعلة بالموقع النشط لكي يصبح مناسباً لشكلها تماماً**
الشكل	الشكل (26): ارتباط المادة المُتفاعِلة بالموقع النشط للإنزيم بحسب فرضية القُفل والمفتاح. 	الشكل (27): ارتباط المادة المُتفاعِلة بالموقع النشط للإنزيم بحسب فرضية التلاؤم المُستحَث. 
عدد انواع المواد المتفاعلة	**نوع واحد فقط من المواد المتفاعلة**	**نوع او اكثر من المواد المتفاعلة**

- **اتحقق ص 38 : فرضية التلاؤم المُستحَث.**

- **العوامل المؤثرة في نشاط الانزيم :**

تؤثر بعض العوامل في نشاط الانزيمات مثل :

(درجة الحرارة ، الرقم الهيدروجيني PH ، تركيز الانزيم ، تركيز المادة المتفاعلة)

اولًا درجة الحرارة :

يزداد النشاط الانزيمي بزيادة درجة الحرارة عادة الى ان :

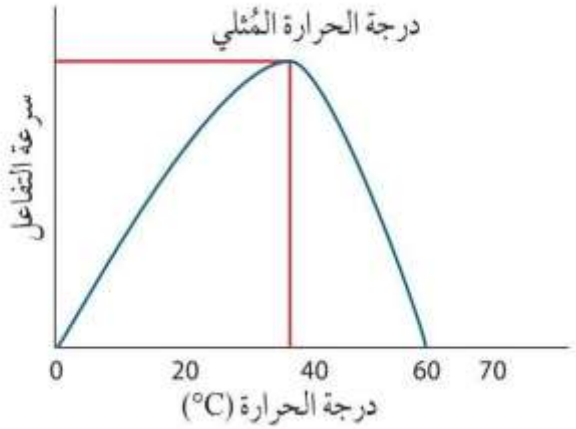
يصل درجة الحرارة المثلى : وهي درجة الحرارة التي يكون عندها نشاط الانزيم او سرعة التفاعل اعلى ما يمكن.

وبعد ارتفاع درجة الحرارة عن درجة الحرارة المثلى فأن شكل البروتين المكون للانزيم يتغير ، فيتغير شكل الموقع النشط ويصبح غير متوافق مع شكل المادة المتفاعلة فيقل نشاط الانزيم تدريجياً حتى يفقد قدرته على العمل وتقل سرعة التفاعل ايضاً .

تؤثر معظم الانزيمات في جسم الانسان بصورة مثلى عند درجة حرارة تتراوح بين (35 – 40) °س

وهي درجة الحرارة القريبة من درجة حرارة الجسم (37 C°)

استنتاج : عرفت سابقاً ان معظم الانزيمات هي بروتينات ثلاثية التركيب وعند ارتفاع درجة الحرارة اكثر من الدرجة المثلى يفقد البروتين تركيبه الثلاثي ويفقد قدرته على العمل .



ثانيا الرقم الهيدروجيني :

يتأثر النشاط الانزيمي بالرقم الهيدروجيني للوسط الذي يعمل فيه الانزيم ولكل انزيم رقم هيدروجيني امثل (هو الرقم الهيدروجيني الذي تكون عنده سرعة التفاعل اعلى ما يمكن)

وعند تغيير الرقم الهيدروجيني فأن شكل الموقع النشط للانزيم يتغير .

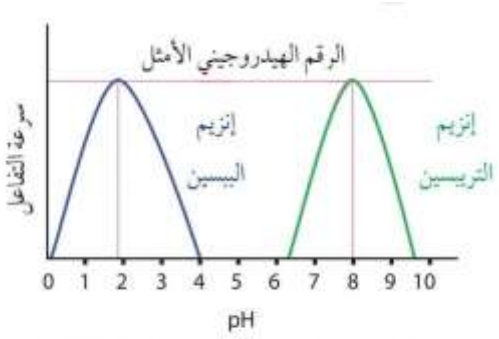
معظم الانزيمات في جسم الانسان تعمل على رقم هيدروجيني امثل PH = (6 – 8) .

انزيم تربسين في الامعاء رقمه الهيدروجيني الأمثل = 8

انزيم ببسين في المعدة رقمه الهيدروجيني الأمثل = PH (1.5 – 2) ويعد من الاستثناءات لان

معظم الانزيمات في جسم الانسان

تعمل في وسط PH = (6 – 8)



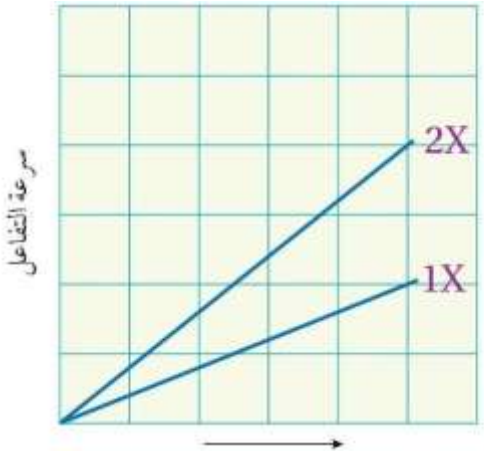
أثر الرقم الهيدروجيني في سرعة تفاعلين يُحفِّز أحدهما إنزيم الببسين، ويُحفِّز الآخر إنزيم التريبسين.

ثالثاً تركيز الانزيم :

كلما زاد تركيز الانزيم زادت سرعة التفاعل وذلك لتوافر اعداد اكبر من المواقع النشطة للارتباط بالمادة المتفاعلة .

مثال : تفاعلين الاول اجري بأضافة انزيم تركيزه X والأخر بإضافة انزيم تركيزه 2X مع تثبيت جميع العوامل الأخرى المؤثرة في سرعة التفاعل فأن سرعة التفاعل الثاني ضعفي سرعة التفاعل الأول .

ملاحظة : الزمن ثابت وتم تغيير تركيز الانزيم فزادت سرعة التفاعل



العلاقة بين تركيز الانزيم وسرعة التفاعل

ملاحظة : سرعة التفاعل هي زيادة كمية المادة الناتجة في نفس الزمن أو انتاج نفس كمية المادة الناتجة بزمن اقل

رابعاً تركيز المادة المتفاعلة :

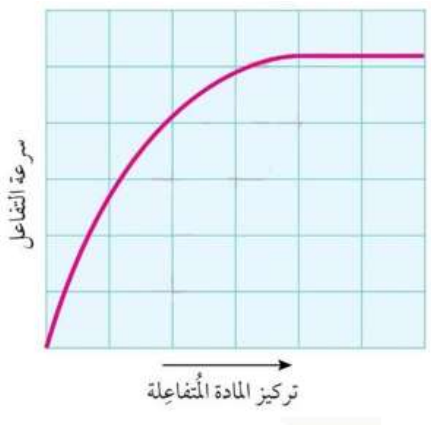
كلما زاد تركيز المادة المتفاعلة زادت سرعة التفاعل وعندما يتم اشغال جميع المواقع النشطة المتوفرة في الانزيمات ولو زاد تركيز المادة المتفاعلة بعد ذلك لن تحدث أي زيادة في سرعة التفاعل مهما زاد تركيز المادة المتفاعلة وذلك لان جميع المواقع النشطة أصبحت مرتبطة بالمواد المتفاعلة المتوافرة كما يوضح الشكل الاتي :

استنتاج :

يمكن ان تثبت سرعة التفاعل لسببين:

1- زيادة تركيز الانزيم لحد معين ، وذلك لتوافر مواقع نشطة تساوي عدد المواد المتفاعلة فلو تم زيادة تركيز الانزيم ستثبت سرعة التفاعل

2- زيادة تركيز المواد المتفاعلة لحد معين وذلك لاشغال جميع المواقع النشطة المتوافرة فلو تم زيادة تركيز المادة المتفاعلة ستثبت سرعة التفاعل



العـلاقة بين تركيز المادة المتفاعلة وسرعة التفاعل

نشاط :

يحفز انزيم تربسين تحلل بروتين الحليب (كازيين) الذي يعطي الحليب لونه الأبيض فيتحول البروتين الى عديد ببتيد ويصبح لونه شفاف ويختفي منه اللون الأبيض ووجد ان درجة الحرارة المثلى لعمل الانزيم تربسين

(40 C^{o}) تقريباً .

الربط بالنانو تكنوجي :

استخدام الانزيمات المستخلصة من الفواكة الاستوائية في صناعة الخلايا الشمسية :

- تتطلب صناعة بعض الشرائح الرقيقة المستخدمة في الخلايا الشمسية توافر درجة حرارة مرتفعة جداً ، ومبالغ مالية كثيرة ، ولتقليل درجات الحرارة اللازمة لذلك طور الباحثون تقنية عضوية تتضمن صناعة شرائح نانوية رقيقة من مادة أكسيد التيتانيوم مستفيدين في ذلك من خصائص الانزيمات ، اذ تمكن العلماء من استخلاص انزيم البابايين من ثمار فاكهة البابايا الاستوائية ثم استعملوه مع أكسيد التيتانيوم لانتاج هذه الشرائح ذات المسامية الكبيرة بغية استخدامها في صناعة الخلايا الشمسية .

- **العوامل المساعدة ومرافقات الانزيمات :**

يتطلب عمل الانزيمات في بعض التفاعلات توافر عوامل مساعدة وفي حال كانت العوامل المساعدة للانزيمات مواد عضوية فانها تسمى (مرافقات الانزيمات) .

- من الأمثلة على مرافقات الانزيمات : (FAD , NAD +) والتي تعمل بوصفها نواقل الكترونات في عديد من تفاعلات الاكسدة والاختزال في الخلية بحيث تستقبل هذه المرافقات الالكترونات ذات الطاقة الكبيرة مع البروتونات وتختزل الى FADH2,NADH ثم تتأكسد بفقدها الكترونات الى جزيئات أخرى في سلسلة نقل الالكترون اثناء عملية التنفس الخلوي كما ستدرسه لاحقاً .

- من الأمثلة ايضاً على مرافقات الانزيمات جزيء NADP+ وهو ناقل الكترونات يستخدم في عمليات البناء مثل عملية البناء الضوئي التي ستدرسها لاحقاً

مرافقات الانزيم : هي عوامل عضوية مساعدة للانزيمات وتؤدي بعضها دوراً في تفاعلات الاكسدة والاختزال التي تحدث داخل الخلية مثل (FAD , NAD +) المستخدمة في التنفس الخلوي و (NADP+) المستخدمة في البناء الضوئي .

اي حسابات على مرافقات الانزيم تتم بالنسبة والتناسب كما هو موضح في المعادلات السابقة

- **جزيء حفظ الطاقة (ATP) :**

تحتوي الخلايا على جزيء عضوي يسمى ادينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP)

وهو يخزن الطاقة اللازمة لمعظم العمليات والتفاعلات التي تحفزها الانزيمات و التي تحدث داخل خلايا الكائنات الحية

- **تركيب جزيء ATP : يتكون جزيء حفظ الطاقة ATP من :**

أ – مركب ادينوسين (سكر رايبوزي خماسي وقاعدة نيتروجينية ادنين).

ب – ثلاث مجموعات فوسفات التي تخزن (الطاقة الكيميائية) في الروابط بين مجموعة الفوسفات .

- **ملاحظة : يعمل انزيم انتاج ATP في التنفس الخلوي والبناء الضوئي (التفاعلات الضوئية)**

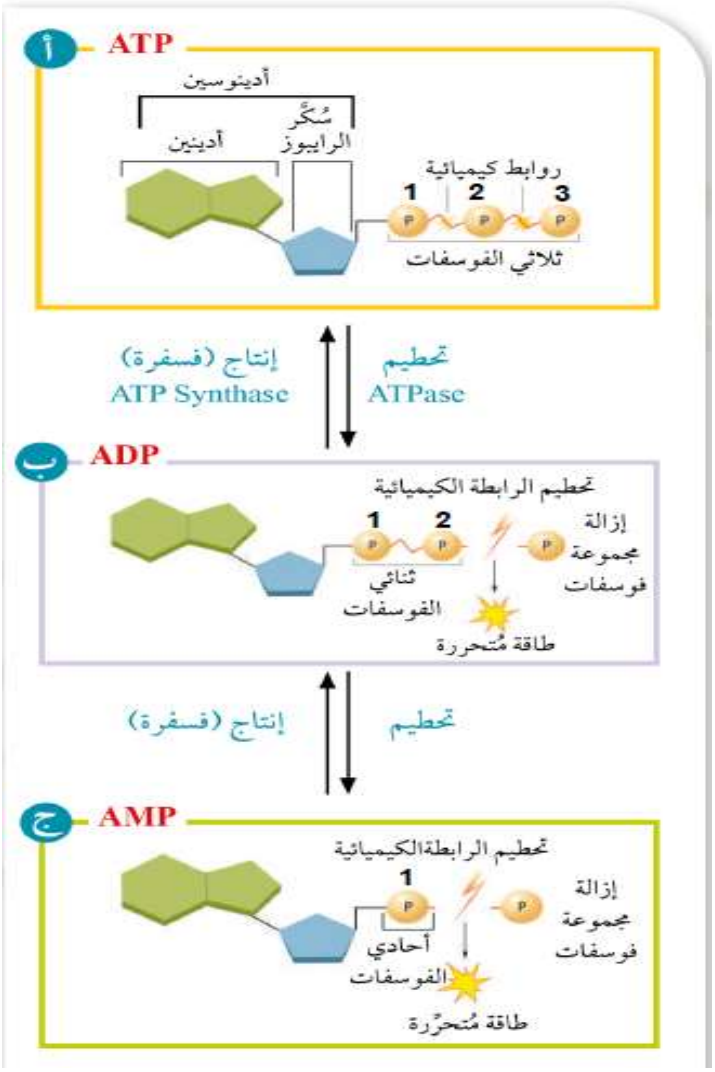
س ATP ⇌ س ADP = س مجموعات فوسفات + س طاقة

س ADP ⇌ س AMP = س مجموعات فوسفات + س طاقة

س ATP ⇌ س AMP = 2 س مجموعات فوسفات

ملاحظة : ينتج جزيء ATP بفعل انزيم انتاج ATP عن طريق اضافة مجموعة فوسفات الى ADP بعملية تسمى الفسفرة وتخزن الطاقة الكيميائية في الرابطة بين مجموعتي الفوسفات ويحفز عملية الفسفرة انزيم انتاج ATP في عملية التنفس الخلوي والبناء الضوئي .

ملاحظة : لتحويل مركب AMP الى ATP يلزم مجموعتان من الفوسفات .



- **اجابات اسئلة الكتاب داخل الدرس :**

أتحقق ص 36:

الطاقة اللازمة لبدء التفاعل الكيميائي.

أتحقق ص 37:

يعمل الموقع النشط قالَبًا ترتبط به المادة المتفاعلة التي يُؤثِّر فيها الإنزيم.

أتحقق ص 38:

فرضية التلاؤم المُستحَث.

سؤال الشكل 32 ص 39:

تزداد سرعة التفاعل بزيادة درجة الحرارة إلى أن تصل إلى أقصاها عند درجة الحرارة المثلى للوسط. وعند ارتفاع درجة حرارة الوسط أكثر من درجة الحرارة المُثلى، فإن شكل البروتين المكوّن للإنزيم يتغيَّر؛ ما يؤدي إلى تغيُّر شكل الموقع النشط، ويصبح غير مُتوافق مع المادة المتفاعلة التي يعمل عليها، فيقل نشاط الإنزيم تدريجيًا باستمرار الارتفاع في درجة الحرارة حتى يفقد قدرته على العمل.

أتحقق ص 40:

شَغْلُ جميع المواقع النشطة المتوافرة في جزيئات الإنزيم بجزيئات المادة المتفاعلة.

أتحقق ص 40:

$$NAD^+ + 2H^+ + 2e^- \longrightarrow NADH + H^+$$

أتحقق ص 42:

مجموعتان.

أُفكّر ص 42:

من القاعدة النيتروجينية أدينين، وسُكَّر الرايبوز.

- **<u>نشاط ص 41 كتاب الطالب / كتاب التمارين ص 9 + 10 :</u>**

التحليل والاستنتاج:

1- الأنبوب رقم (1) غير واضحة تمامًا، الأنبوب رقم (2) تظهر بوضوح، الأنبوب (3) لم تظهر العلامة X عليه .

2- 40

3- لم تظهر العلامة X على الأنبوب (3)، لأن درجة حرارة الوسط أعلى بكثير من درجة الحرارة المثلى؛ إذ يسبب ارتفاع درجة حرارة الوسط عن درجة الحرارة المثلى تغيّر شكل البروتين المكون للإنزيم وبالتالي تغيّر شكل الموقع النشط؛ والذي يصبح غير مُتوافِق مع المادة المُتفاعِلة التي يعمل عليها، فيقل نشاط الإنزيم تدريجيًّا حتى يفقد قدرته على العمل، لذلك لم يتحلل بروتين الحليب، ولم يختف اللون الأبيض للحليب؛ فلم تظهر العلامة X

- **<u>اثر الرقم الهيدروجيني / كتاب التمارين ص 11 :</u>**

1- الأنابيب التي تصاعد منها غاز الأكسجين: 1 ، 2 ، 3
الأنابيب التي لم يتصاعد منها غاز الأكسجين: 4 ، 5 ، 6

2- تدل على حدوث تفاعل تم من خلاله تحليل فوق أكسيد الهيدروجين إلى أكسجين وماء.

3- الرقم الهيدروجيني الأمثل لعمل إنزيم الكتاليز(pH=7) ؛ لأن الأنبوب (2) الذي كان الرقم الهيدروجيني (7) تصاعدت فيه أكبر كمية من غاز الأكسجين.

4- تم استخدام الماء بدلا من الإنزيم كتجربة ضابطة لتسهيل مقارنة النتائج والتأكد من أنّ سبب تحفيز التفاعل هو وجود إنزيم الكتاليز.

- **<u>اسئلة مراجعة الدرس ص 43 :</u>**

1.تُسرّع بعض التفاعلات الكيميائية عن طريق تقليل طاقة التنشيط.

2. أ. التلاؤم المستحث.

ب. 1- الإنزيم، 2- الموقع النشط 3- المادة المتفاعلة

4- مُعقّد الإنزيم- المادة المتفاعلة، 5- المواد الناتجة

ج - يتغيّر شكل البروتين المُكوّن للإنزيم؛ ما يؤدّي إلى تغيرُّ شكل الموقع النشط، ويصبح غير متوافق مع شكل المادة المتفاعلة. فيقل نشاط الإنزيم تدريجيًا حتى يفقد قدرته على العمل.

3. أ - .pH=7

ب- لأن الرقم الهيدروجيني الأمثل لعمل إنزيم الببسين يتراوح بين2-pH=1.5 ، بينما في الشكل هو فإن pH هي 7

4.كلَّما زاد تركيز الإنزيم زادت سرعة التفاعل الكيميائي؛ فعندما يزداد تركيز الإنزيم ليصبح مثلي التركيز الأصلي (X) فإن سرعة التفاعل تزداد لتصبح مثلي سرعة التفاعل (المُحفز بالإنزيم الذي تركيزهX) ، كما يتضح من الرسم البياني.

5. أ - .ADP :ع ل : ATP

ب. العملية س: تحطيم رابطة بين مجموعتي الفوسفات الثالثة والثانية بفعل إنزيمATPase ، تتحرَّر الطاقة المُختزَنة فيها، فينتج جزيء أدينوسين ثنائي الفوسفاتADP ، ومجموعة فوسفات حُرَّة.
العملية ص: إضافة مجموعة فوسفات إلى جزيء أدينوسين ثنائي الفوسفات بفعل إنزيم إنتاج ATP، في عملية تسمى الفسفرة، وبذلك تُخزَّن الطاقة الكيميائية في الرابطة بين مجموعتي الفوسفات وينتج جزيء ATP.

- 6

1	2	3	4	5
ب	ب	ب	أ	أ

انتهى الدرس الثاني