الفصل الثاني : التنفس الخلوي
Cellular Respiration

افتتاحية الفصل :

سيتوسع الطلاب في هذا الصف في دراستهم لأنواع التنفس ، ومراحل التنفس الخلوي ، وكمية الطاقة الناتجة من كل مرحلة، كذلك سيقومون بتنفيذ بعض الاستكشافات التي توضح المواد المتفاعلة والمواد الناتجة لكل مرحلة، وسينفذون تجربة لدراسة استهلاك الأكسجين وإطلاق ثاني أكسيد الكربون في الخلايا الحية .

وسيستكشف الطلاب أيضًا أهمية التنفس الخلوي في إنتاج الطاقة ، وضرورة الموازنة بين استهلاك المواد الغذائية وبين كمية الطاقة المطلوبة لجسم الكائن الحي .

٢-١ مفهوم التنفس

مخرجات التعلم:

٢-١٢توضيح دور التنفس الخلوي في تحرير الطاقة الكامنة في المركبات العضوية.

أ) توضيح عملية التنفس الهوائي.

م ١- ١٢- ١طرح أسئلة لتسهيل عملية الاستقصاء، والتنبؤ بنتائج أحداث معينة بناء على معلومات سابقة.

أ) التنبؤ بالعوامل التي تؤثر على سرعة التنفس الخلوي .

م ٢- ١٢- ١ تنفيذ خطوات تجربة وضبط متغيراتها.

أ) استخدام الطرق التجريبية لتحديد كمية الأكسجين المستهلكة في البذور المستنبتة.

ب) قياس درجة حرارة البذور المستنبتة والبذور غير المستنبتة.

م ٢- ١٢- ٢: تنظيم البيانات في أشكال وجداول تتناسب مع النص أو التجربة.

أ) رسم العلاقة بين التنفس الخارجي والتنفس الداخلي .

التقديم والتنظيم:

- قبل البدء بالدرس اطرح الأسئلة الآتية :

١-ما أجزاء الجهاز التنفسي؟

٢- أين تتم عملية التبادل الغازي في جسمك؟

٣- ما دور الرئة في عملية التنفس؟

٤- ما مخاطر استنشاق الهواء الملوث على عملية التنفس؟

٥- لماذا تحتاج الخلايا للأكسجين دون غيره من العناصر؟

- وضِّح بالرسم العلاقة بين التنفس الخارجي والتنفس الداخلي مستخدمًا ملصقًا، أو أية وسيلة إيضاحية أخرى.

أربط بين ما تعلمه الطالب في الصفوف السابقة ، خاصة الصفين العاشر والحادي عشر، مستخدمًا أسلوب الحوار والمناقشة؛ حيث درس الطالب المواد الغذائية الأساسية ، ومصادر الحصول عليها ، كذلك درس تركيب المواد العضوية ، وتعرَّف الوحدات البنائية لكل منها ، والمجموعات الوظيفية لها ، ووظيفتها في الجسم .

وضِّح للطلاب أهمية الشمس كمصدر لطاقة جميع الكائنات الحية.

استكشاف ١ : أكسدة المواد الغذائية

الزمن المطلوب : ٢٠ دقيقة.

الإعداد المسبق : يجب تحضير ماء الجير قبل التجربة مباشرة لكي لا يتعرض للتلف.

الإجراءات :

١-قسِّم الطلاب إلى مجموعات متساوية وغير متجانسة.

٢-اطلب إلى الطلاب تنفيذ خطوات الاستكشاف كما وردت في الكتاب ، وتسجيل الملاحظات أولاً بأول.

٣-تعرض كل مجموعة النتائج التي توصلت إليها أمام المجموعات الأخرى ، ثم تتم مناقشتهم فيها والتوصل إلى النتائج الصحيحة .

إجابة أسئلة التحليل والتفسير:

١- تعكر نتيجة لتفاعل غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج من احتراق السكر مع ماء الجير وتكون كربونات الكالسيوم التي تظهر بلون ضبابي متعكر.

٢- يحترق السكر في الجسم ببطء شديد، ويحترق في الأنبوبة بسرعة لأن أكسدته في الجسم تتم على مراحل ، في حين تتم أكسدته في الأنبوبة في مرحلة واحدة.

٣- بخار الماء وثاني أكسيد الماء وطاقة حرارية.

إجابة أسئلة التحليل والتفسير للجزء الثاني :

١- الزجاجة الأولى ، وذلك نتيجة للتنفس الخلوي الذي تقوم به خلايا بذور الفول المستنبة والذي صاحبه انطلاق الحرارة.

٢- قتل الخلايا ووقف العمليات الحيوية فيها ، واستخدامها كتجربة ضابطة.

٣- مرحلة سلسلة نقل الإلكترونات ، وذلك نتيجة لوجود تركيز عالٍ من الهيدروجين وجزيئات NADH وجزيئات $FADH_2$ ، ووجود إنزيم ATP synthase .

خلفية علمية :

كثيرًا ما يتم الخلط بين مفهومي الأكسدة والأكسجة ؛ فالأكسدة مصطلح يدل على عملية فقدان الإلكترونات من الذرة أو الجزيء، وفي عمليات الأيض غالبًا يرتبط المصطلح بكسب الأكسجين أو فقدان الهيدروجين، أما الأكسجة فتشير إلى ارتباط الأكسجين بمادة متفاعلة ما ، كما هو الحال في أكسجة هيموجلوبين الدم لنقله إلى الخلايا الحية .

يلجأ جميع الكائنات الحية إلى أكسدة المواد الغذائية لنقل الإلكترونات من مركبات غنية بالطاقة كالمواد العضوية إلى مواد غير عضوية كالماء وثاني أكسيد الكربون ، وخلال انتقال هذه الإلكترونات تتحرر طاقة يستفيد منها الكائن الحي للقيام بالعمليات الحيوية المختلفة.

تتفاوت حاجة الكائن الحي بتفاوت النشاطات التي يقوم بها، وإذا كانت كمية المواد الغذائية الداخلة كمصادر للطاقة أكبر من حاجة الكائن الحي فإنها تتراكم في جسمه على شكل مصادر طاقة احتياطية (دهون).

إن معدل عملية التنفس الخلوي يتناسب تناسبًا طرديًّا مع معدل التنفس العادي(الشهيق والزفير) خاصة لدى الأطفال ، والأشخاص الأصحاء.

إجابة اختبر فهمك (١):

١- العلاقة بين عمليتي التنفس والتمثيل الضوئي علاقة تكاملية ، وعكسية في نفس الوقت ، حيث إن المواد المتفاعلة في عملية التنفس هي مواد ناتجة في عملية التمثيل الضوئي والعكس صحيح ، والفائدة من شكل هذه العلاقة هي تداول الطاقة بين الكائنات الحية .

٢-الإجابة موجودة في الشكل (٢-٢) من كتاب الطالب .

٣- بما أن المواد المتفاعلة في عملية التنفس هي نواتج عملية التمثيل الضوئي، والعكس صحيح ، فإن الطاقة التي يتم تحريرها من نواتج التمثيل الضوئي عند أكسدتها في عملية التنفس يقوم النبات ببنائها من جديد.

٢-٢ التنفس الخلوي

مخرجات التعلم:

٢-١٢توضيح دور التنفس الخلوي في تحرير الطاقة الكامنة من المركبات العضوية.

أ) توضيح عملية التنفس الهوائي .

ب) التمييز بين التنفس الهوائي والتنفس اللاهوائي.

ج) توضيح دور مركب ATP في الأيض الخلوي.

م ٢- ١٢- ٣ انتقاء المعلومات من مصادر مختلفة مطبوعة أو إلكترونية.

أ) البحث من خلال المراجع والمصادر المطبوعة والإلكترونية عن تأثير سموم الأيض على التنفس الخلوي.

م ٣- ١٢- ٢ تحليل المعلومات والبيانات المقدمة في جداول أو رسوم بيانية .

أ) تقييم واقعية ، ومصداقية، وصحة المصادر المستخدمة لجمع المعلومات حول سموم الأيض والتنفس الخلوي.

التقديم والتنظيم :

- قبل البدء بالدرس أطرح على الطلاب الأسئلة الآتية :

١- ما العضية الخلوية المسؤولة عن التنفس الخلوي وإنتاج الطاقة بشكل أساسي؟

٢- أيُّ أعضاء جسمك الأكثر استهلاكًا للطاقة؟ ولماذا؟

٣- لماذا نبذل عند صعودنا السُّلَّم جهدًا أكبر من الجهد الذي نبذله عند النزول؟

٤- أعط أمثلة على الأعمال والأنشطة التي تستهلك طاقة كبيرة؟

٥ - لماذا تشعر بالجوع بعد مرور عدة ساعات على آخر وجبة أكلتها ؟

- اطلب إلى كل طالب تصميم جدول يفرغ فيه أعماله اليومية لمدة أسبوع ، ثم يرتبها من الأكثر استهلاكًا للطاقة إلى الأقل.

- اعرض ملصقًا أو لوحة أو أية وسيلة إيضاحية لمراحل التنفس ، ويمكنك الرجوع للموقع الإلكتروني التالي لتعرض فلاشات لمراحل التنفس الخلوي:www.biology.com

- ناقش الطلاب في المواد المتفاعلة والمواد الناتجة لكل مرحلة، بالإضافة إلى تحديد مكان حدوثها.

- درِّب الطلاب على حل مسائل حساب الطاقة الكلية والصافية من كل مرحلة ومن كل المراحل ، وفي حالة وجود الأكسجين ، وفي حالة غيابه.

- اطلب إلى الطلاب تصميم لوحات أو وسائل لمراحل التنفس الخلوي .

- صمم خريطة مفاهيم لمراحل التنفس الخلوي المختلفة واعرضها على طلابك..

- قم بمراجعة مفاهيم التنفس الخلوي مع الطلاب للتأكد من استيعابهم لها.
- قم بتوظيف الأشكال المصاحبة للمادة العلمية في توضيح المفاهيم التي يدرسونها.
- درِّب الطلاب على قراءة الأشكال واستنتاج البيانات والعلاقات.
- عزِّز تعلم الطلاب بمزيد من الأمثلة التوضيحية حول كيفية حساب كمية الطاقة الحقيقية والصافية.
- حاول ربط مراحل التنفس الخلوي بأمثلة تحاكيها من الحياة؛ كمثل ربط سلسلة نقل الإلكترون بالنزول على الدرج أو السُّلَّم ، وتشبيه انشطار السكر بشطر الفواكه إلى قسمين، وغيرها من الأمثلة.

إجابة اختبر فهمك (٢):

١- لا تحطم الخلية الحية مركب CO_2 لتحصل منه على الطاقة ، وذلك لأن الطاقة الكامنة في إلكترونات ذراته استنفذت في تشكيله من ذرتي أكسجين وذرة كربون.

٢- 15 جزيء جلوكوز.

٣- معظم الطاقة التي تحصل عليها خلية الدم الحمراء تتم عن طريق الانشطار السكري فقط..

إجابة اختبر فهمك (٣):

١- الميتوكندريا عضية ثنائية الغشاء ؛ حيث يتميز غشاؤها الداخلي بكثرة الانثناءات التي تزيد من مساحة سطح تفاعلات أكسدة المواد الغذائية وإنتاج المزيد من الطاقة ، حيث إنزيمات سلسلة نقل الإلكترون موجودة في الغشاء الداخلي ، كذلك توجد إنزيمات دورة كريبس في حشوة الميتوكندريا.

٢- يعتبر فيتامين B المصدر الأساسي للنواقل الإلكتونية ($NADH\&FADH_2$) ، وبالتالي نقص هذا الفيتامين يؤدي إلى نقص هذه النواقل، وهو ما يسبب نقصًا حادًا في كمية الطاقة الناتجة عن سلسلة نقل الإلكترون، الأمر الذي يعرض الكائن الحي للوهن والتعب الشديد ، وقد يؤدي ذلك إلى موته .

٣- 8 جزيئات مالتوز تتكون من 16 جزيء جلوكوز، وكل جزيء جلوكوز يعطي طاقة كلية في المسار الكربوني تساوي 6ATP ، وبالتالي تصبح كمية الطاقة الكلية 16x6 =96 ATP.

٤- 80ATP وهذا ناتج من أكسدة 20 جزيئًا من هذه المادة في السيوسول، وعند دخولها لدورة كريبس ينتج 40ATP هي حاصل ضرب 20 جزيء جلوكوز في 2ATP من دورة كريبس.(أي أنه ينتج 40ATP من الانشطار السكري و40ATP من دورة كريبس).

٥- لأن الإنزيمات الضرورية لتفاعلات هذه الخطوة موجودة في الغشاء الداخلي للميتوكندريا.

إجابة اختبر فهمك (٤):

١- لأنه في سلسلة نقل الإلكترون يتم نقل الإلكترونات على مراحل ، وفي كل مرحلة تفقد طاقة ،وبالتالي لا يحدث تفاعل شديد كما هو الحال عند دمج الأكسجين والهيدروجين في أنبوبة الاختبار.

٢- لأن بروتين السيتوكروم ناقل إلكتروني أساسي في سلسلة نقل الإلكترونات ، وهو متخصص باستقبال NADH التي تعطي النسبة الكبرى من الطاقة في التنفس الخلوي ، وعند عدم وجود هذا البروتين فإن الطاقة الناتجة عن أكسدة المواد الغذائية تكون قليلة جدًّا، وغير كافية للعمليات الحيوية المختلفة..

٣- $5glucose \times 10NADH \times 2.5ATP + 5glucose \times 2FADH_2 \times 1.5ATP = 140\ ATP$

خلفية علمية :

تقوم الكائنات الحية وحيدة بعملية التبادل الغازي مع البيئة المحيطة بشكل مباشر، لذلك تتم عملية التنفس الخلوي بشكل أسرع من الكائنات الحية متعددة الخلايا.

تحتوي خلية البكتيريا على سلسلة من المركبات الكيميائية التي تقوم بعملية الأكسدة عوضًا عن الميتوكندريا ، وتعرف هذه المركبات بسلسلة التنفس ، وقد لاحظ العلماء التنوع الواسع للمصادر الكربونية التي تستفيد منها البكتيريا في الحصول على الطاقة ، وذلك بفضل أنظمة إنزيمية خاصة تساعدها على ذلك.

تتضمن عملية التنفس الخلوي أربع مراحل (الانشطار السكري، أكسدة حمض البيروفيك، دورة كريبس، سلسلة نقل الإلكترون) ، إلا أن كثير من المراجع العلمية لا يفصل أكسدة حمض البيروفيك كمرحلة مستقلة ، وذلك لأنها مرحلة سريعة ولا يتم فيه كثير من التفاعلات الحيوية.

٢-٣ دور جزيئات الطاقة ATP فى أيض الخلية:

مخرجات التعلم:

٢-١٢توضيح دور التنفس الخلوي في تحرير الطاقة الكامنة من المركبات العضوية.

ج) توضيح دور مركب ATP في الأيض الخلوي.

التقديم والتنظيم :

- للكشف عن التعلم القبلي لدى الطلاب يمكن للمعلم طرح بعض الأسئلة:

١- إلى أي نوع من القواعد النيتروجينية ينتمي الأدينين الموجود في مركب ATP ؟

٢-هل يمكن أن تكون القواعد النيتروجينية الأخرى مصادر للطاقة في الكائنات الحية.

٣-ما المجموعات الوظيفية في مركب ATP؟

- ناقش الطلاب في كيفية تفكك جزيء ATP إلى ADP+Pi ، وما أهمية هذا التفكك؟
- وضِّح كيف يتم بناء جزيئات الطاقة ATP في الخلية.
- وضِّح للطلاب أهمية جزيئات ATP في الخلية الحية، وللكائن الحي ككل.
- استخدم مخطط أيض المواد العضوية لتوضيح كيف يتم بناء ATP في الخلية الحية.
- استخدم شكل (V) ، لتدريس هذا الموضوع.
- في نهاية الدرس يمكن للمعلم طرح أسئلة تقويمية للتأكد من تحقق المخرج المتوقع.

استكشاف ٢ : الرياضة ترفع من كفاءة التنفس الخلوي

الزمن المطلوب : ٣٠ دقيقة.

الإجراءات:

١- قسِّم الطلاب إلى مجموعات ثنائية .

٢-تابع تنفيذ الطلاب لخطوات الاستكشاف.

٣-نوه الطلاب إلى ضرورة تحري الدقة في تسجيل النتائج

٤-قم بإدارة مناقشة بين الطلاب حول النتائج التي توصلوا إليها.

إجابة أسئلة التحليل والتفسير:

١- يعمل التمرين الرياضي على اختصار وتقليل الزمن اللازم لتغير لون المحلول ؛ حيث إن كمية ثاني أكسيد الكربون المنطلقة مع هواء الزفير كبيرة وبالتالي تعمل على تغيير لون المحلول بسرعة.

٢- تعمل التمارين الرياضية على رفع كفاءة الجهاز التنفسي ، وبالتالي زيادة كمية الأكسجين الداخلة للجسم ، وهوما يزيد في أكسدة المواد الغذائية وتحرير الطاقة منها.

٣-كلما زادت سرعة التنفس زادت كمية الطاقة المتحررة ، لأن عملية الأكسدة تكون أقوى.

خلفية علمية :

ينتج مركب الطاقة ATP في جميع الخلايا الحية ، وتتناسب كميته مع نشاط الخلية وحالتها الفسيولوجية، ويتوافق مع ذلك عدد عضيات الميتوكندريا وتعقيد تركيبها الداخلي وكثافة الأعراف crestae بها.توجد عدة طرق لتكوين مركب الطاقة حسب نوع الخلية.

١- جميع الخلايا الحية بدائية النواة أوحقيقية النواة، نباتية أو حيوانية، هوائية التنفس أو لاهوائية التنفس تكوِّن ATP في سيتوبلازمها عن طريق الانشطار السكري للجلوكوز ، والكمية الناتجة من الطاقة بهذه الطريقة تكفي بعض الخلايا وتقدر بـ 4 جزيئات ATP وفي هذه المرحلة كذلك ينتج جزيئان من NADH ، وعند إعادة أكسدتها إلى + NAD في الظروف الهوائية يمكن أن ينتج 6 أو 4 جزيئات ATP (مرحلة الانشطار السكري) ، بينما في الظروف اللاهوائية يستخدم NADH لتكوين الكحول أو حمض اللبنيك كنواتج نهائية للتنفس اللاهوائي.

٢- تفاعلات الضوء Light reactions في عملية البناء الضوئي Photosynthesis تنتج منها كمية كبيرة من الطاقة تستغل في إتمام تفاعلات الظلام Dark reactions ، وتثبيت ثاني أكسيد الكربون لينتج سكر الجلوكوز.٣- القدر الكبير من الطاقة ينتج في الخلايا الحية عن طريق التنفس الهوائي ، وذلك لوجود الميتوكوندريا في الخلايا حقيقية النواة أو الميسوسوم Mesosomesفي بعض أنواع البكتيريا الهوائية.

٢-٤ ضبط التنفس الهوائى:

مخرجات التعلم :

٢-١٢توضيح دور التنفس الخلوي في تحرير الطاقة الكامنة من المركبات العضوية.

د) توضيح آليات ضبط التنفس الهوائي .

م ١- ١٢- ١طرح أسئلة لتسهيل عملية الاستقصاء، والتنبؤ بنتائج أحداث معينة بنـــاء على معلومات سابقة.

أ) التنبؤ بالعوامل التي تؤثر على سرعة التنفس الخلوي .

م ٣- ١٢- ٢ تحليل المعلومات والبيانات المقدمة في جداول أو رسوم بيانية .

ب) تفسير بيانات استهلاك الكائن الحي للأكسجين وربط ذلك بمعدل الأيض لذلك الكائن.

التقديم والتنظيم :

- اطرح على الطلاب الأسئلة المقترحة الآتية:

١-لماذا تلجأ الخلية إلى ضبط تنفسها؟

٢- قارن بين الخلية الطبيعية والخلية السرطانية من حيث ضبط العمليات الحيوية وخاصة استهلاك الطاقة.

٣- ما المقصود بالتغذية الراجعة السلبية؟

٤- هل يعتبر الإحساس بالشبع نوعًا من أنواع ضبط استهلاك الطعام لدى الكائن الحي؟

- استخدم وسيلة إيضاحية لتوضيح عملية ضبط التنفس الهوائي.

- استعن بشبكة المعلومات العلمية للحصول على برامج تحاكي عملية ضبط التنفس الخلوي.

- اطرح أمثلة من واقع الحياة على ضبط عملية التنفس الخلوي ؛ مثل ضبط السوق من خلال العرض والطلب ، أي عرض المواد وتوفرها ، وحجم الطلب عليها؛ فعندما يقل الطلب على مادة ما فإن المصنع المنتج لها يبدأ بتقليل صناعة كميات إضافية منها، والعكس صحيح.

- ناقش الطلاب في آليات ضبط التنفس الهوائي بالتفصيل ، ووضِّح لهم أيها أكثر فاعلية .

-شجِّع الطلاب على قراءة وتفسير الأشكال والمخططات واستنتاج العلاقات بين المتغيرات كما هو الحال في الشكل (٢-١٢) من كتاب الطالب.

- اطلب إلى الطلاب تصميم جدول للمقارنة بين آليات ضبط عملية التنفس الهوائي.

- اطرح أسئلة تقويمية، ثم قم بعمل تغذية راجعة لآليات ضبط التنفس الهوائي.

خلفية علمية:

يتم ضبط التنفس الخلوي الهوائي من خلال:

إنزيم فوسفوفركتوكينيز *Phosphofructokinase* :

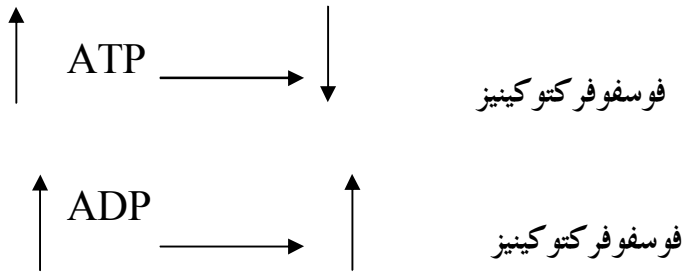
يعتبر هذا الإنزيم مفتاح التحكم وضابط إيقاع عملية التنفس الخلوي سواء بوجود أو بغياب الأكسجين ؛ إذ يعمل هذا الإنزيم على تحويل سكرفركتوز- ٦-فوسفات إلى فركتوز-١،٦- ثنائي الفوسفات الذي سيعطي بعد عدة تفاعلات كيميائية جزيئين من حمض البيروفيك والذي تعتمد عليه بقية مراحل التنفس الخلوي.

يعتبر مركب ATP عامل تثبيط inhibition factor لإنزيم فوسفوفركتوكينيز، بينما يعتبر مركب ADP عامل تنشيط activation factor ، فكيف يحدث ذلك؟

عندما يتراكم مركب الطاقة ATP في الخلية فإنه يثبط إنزيم فوسفوفركتوكينيز الذي يمنع تكون حمض البيروفيك وبالتالي وقف تفاعلات دورة كريبس وسلسلة نقل الإلكترونات، وعندما

تقل كمية ATP عن حاجة الخلية فإن مركب ADP ينبه ويحفز إنزيم فوسفوفركتوكينيز على العمل لتكوين حمض بيروفيك لكي تعمل دورة كريبس وسلسلة نقل الإلكترونات على تحرير الطاقة.

ويوضح المخطط التالي العلاقة بين تأثير ATP&ADP على عمل إنزيم فوسفوفركتوكينيز.



٢- مركب السترات Citrate :

عندما يتراكم مركب السترات الذي يعتبر أول مركب تنتجه دورة كريبس في الميتوكندريا فإن بعضًا منه يتسرب إلى السيتوبلازم فيعمل على تثبيط إنزيم فوسفوفركتوكينيز وبالتالي منع تكوّن حمض البيروفيك الأمر الذي يؤدي إلى إبطاء مرحلة الانشطار السكري .

مركب NADH :

إن التركيز العالي من الناقل الإلكتروني NADH يشير إلى أن سلسلة نقل الإلكترونات مليئة بالإلكترونات ، وبالتالي فإن إنتاج الطاقة ATP يكون في مستوى عالٍ جدًّا ، وهو ما يستدعي إبطاء مراحل التنفس الخلوي، وهو ما يتم من خلال عمل NADH ، إذ يعمل على تثبيط إنزيم بيروفيت ديكاربوكسيليزpyruvate decarboxylase ، وخفض كمية مجموعة استيل كوA التي تدخل إلى دورة كريبس وهو ما يقلل من عدد الإلكترونات المتدفقة عبر النواقل الإلكترونية.

٢-٥ أيض المواد الغذائية:

مخرجات التعلم:

٢-١٢توضيح دور التنفس الخلوي في تحرير الطاقة الكامنة من المركبات العضوية.

هـ) مقارنة عمليات البناء والهدم .

م ١- ١٢- ٢ تصميم تجربة ،وتحديد المتغيرات.

أ) تحديد المتغيرات التي تؤثر على معدل الأيض .

م ٢- ١٢- ٣ انتقاء المعلومات من مصادر مختلفة مطبوعة أو إلكترونية.

أ) البحث من خلال المراجع والمصادر المطبوعة والإلكترونية عن تأثير سموم الأيض على التنفس الخلوي.

م ٣- ١٢- ٢ تحليل المعلومات والبيانات المقدمة في جداول أو رسوم بيانية.

أ) تقييم واقعية ، ومصداقية، وصحة المصادر المستخدمة لجمع المعلومات حول سموم الأيض والتنفس الخلوي.

ب) تفسير بيانات استهلاك الكائن الحي للأكسجين وربط ذلك بمعدل الأيض لذلك الكائن.

ج) حساب معدل الأيض الأساسي .

التقديم والتنظيم :

سبق وأن كوَّن الطالب في الصف الحادي عشر فكرة مبسطة عن مفهومي بناء وهدم المواد العضوية ، ولكي تتأكد من سلامة البناء المعرفي والمفاهيمي للطلاب يمكنك الكشف عن تعلمهم القبلي من خلال طرح الأسئلة الآتية:

١- ما العملية التي يتم فيها بناء الكربوهيدرات والبروتينات في الخلية الحية؟

٢- ما العملية التي يتم بناء الدهون فيها داخل الخلية الحية؟

٣-كيف يمكن الحصول على الوحدات البنائية الصغيرة monomers(الأحماض الأمينية) للبروتين؟

٣- قارن بين مرحلة الطفولة ومرحلة الشيخوخة من حيث تفاعلات البناء والهدم في كل منهما؟

- استخدم الشبكة العالمية للاتصالات الدولية (الإنترنت) إن وجدت للحصول على معلومات وعروض تقديمية PowerPoint لموضوعات بناء وهدم المواد العضوية في أجسام الكائنات الحية.
- ناقش الطلاب بمفهوم الأيض الخلوي ؛ من حيث تفاعلات البناء والهدم وتداول الطاقة، .
- اعرض أمام الطلاب إن امكن مخططًا يوضح بعض عمليات البناء وبعض عمليات الهدم .
- وضِّح للطلاب مفهومي معدل الأيض ومعدل الأيض الأساسي ، وما العوامل التي تؤثر عليهما كالعمر والجنس وطبيعة النشاط الذي يمارسه الإنسان؟
- يمكنك طرح مشكلات أمام الطلاب ولها علاقة بالأيض كالسمنة والنحافة ، ودراسة عملية التنفس الخلوي ونواتجه في كلتا الحالتين ، والوصول إلى قناعات تساعد الطلاب على اتخاذ قرارات تتعلق بصحتهم .
- درِّب الطلاب على قراءة وتحليل الأشكال البيانية ، واستنتاج العلاقات بين المتغيرات وربط المواضيع بعضها ببعض.

-اربط موضوع الأيض (البناء والهدم) ، بالبيئة من حيث توفر الماء الصحي والغذاء المتوازن وهو ممارسة الرياضة وتجنب التدخين وتعاطي الكحول والمخدرات وغيرها.

استكشاف ٣ : معدل الأيض الأساسي

الزمن المطلوب : ٤٠ دقيقة.

الإجراءات:

١- قسِّم الطلاب إلى مجموعات متساوية وغير متجانسة المستوى.

٢-اطلب إلى كل مجموعة إعداد جدول لتفريغ القياسات التي سيقومون بها.

٣- تابع تنفيذ الطلاب لخطوات الاستكشاف.

٤-نوه الطلاب إلى ضرورة تحري الدقة في أخذ القياسات.

٥- قم بإدارة مناقشة بين الطلاب حول النتائج التي توصلوا إليها.

إجابة أسئلة التحليل والتفسير:

١- الإجابة تعتمد على النتائج المدوَّنة في الجدول.

٢- علاقة طردية؛ أي كلما زادت المساحة السطحية للجسم زاد معدل الأيض.

٣- الإجابة تعتمد على النتائج المرصودة لدى الطلاب .

٤- الإجابة تعتمد على النتائج المدونة لدى الطلاب .

٥- يتم إيجاد الإجابة من خلال الرسم البياني في إجابة السؤال الأول .

٦- $167kj \quad 1m^2$

$? \quad 2.175\ m^2$

معدل الأيض الأساسي لهذا الشخص= $\frac{167kj \times 2.175\ m^2}{1\ m^2}$ =

$363.225kj/\ m^2\ /\ hr$ =

خلفية علمية :

ينصح الباحثون الناس بإتباع أفضل الطرق لتخفيف الوزن من خلال تسريع عملية الأيض Metabolism.

لا تنخدع بالأغذية التي تحرق الدهون

هل يمكن لبعض أنواع الطعام كالكرفس والجريب فروت المساعدة على إنقاص الوزن؟

يجيب الباحثون أن ذلك غير ممكن حيث إن الكرفس قليل السعرات الحرارية ، ويحتوي على كثير من الألياف ، ولكنه لا يعمل على سرعة عملية الأيض. أما بخصوص الإشاعات التي تقول إن الجريب فروت يزيد من قدرة الجسم على حرق السعرات الحرارية بسبب حموضته فليست هناك دراسات تدعم هذا الادعاء. كذلك إذا تناول الشخص عددًا من حبات الجريب فروت مثل عدد من حبات الفاكهة الأخرى كالدراق والبرتقال ، فإنه من الممكن أن يزيد وزنه لأن الجريب فروت يحتوي على سعرات حرارية أكثر من أنواع الفواكه الأخرى.

لا تدع وجبة تفوتك

إن الفكرة التي تقول إن تفويت بعض الوجبات بانتظام هي طريقة فعالة لتنظيف الجسم من الشوائب، تسريع عملية الأيض وتخفيف الوزن هي خرافة أخرى، حسبما تقول سو إيرسمان، أخصائية تغذية في المركز الصحي في مدينة سكوتديل بولاية أريزونا الأميركية. وتضيف الأخصائية بأن الجسم يحتاج إلى بعض السعرات والمواد الغذائية كل يوم من أجل القيام بوظائفه الطبيعة. كذلك فإن حرمان الجسم من هذه العناصر الضرورية يضعه في حالة يكون الأيض فيها بطيئاً وهو ما يساعد على خزن الطاقة على شكل دهون. إن تناول ست وجبات صغيرة يوميا هي الطريقة الجيدة لإبقاء عملية الأيض نشطة.

التوابل وفوائدها

يقول كاري كليفورد، أخصائي تغذية، إن التوابل لا تساعدك على حرق السعرات الحرارية ولكنها تساعد على التمتع بالأغذية الصحية مثل الخضراوات والدجاج، وبالرغم من فوائد التوابل الكثيرة إلا أن كثرتها قد تسبب التهابات وقرحة في المعدة ، لذلك لا بد من الاعتدال في إضافتها للأطعمة.

شرب الماء :

إن عدم تناول كميات كبيرة من الماء يمكن أن يبطئ عملية الأيض ، لأن الماء أهم مغذ للجسم.

قوِّي عضلاتك

إن تقوية العضلات تحفز عملية الأيض بعكس الدهون؛ ولذا فإن استبدال الدهون بالعضلات يسمح للإنسان بالحفاظ على وزن مثالي بسهولة أكبر. ويقول الأخصائيون إنه ليس المطلوب من الناس بناء الأجسام بل عليهم فقط حمل أوزان خفيفة من أجل تقوية عضلاتهم.

تحرَّكْ

الرياضة في الهواء الطلق تحرق السعرات الحرارية، وينصح الخبراء بقضاء ٦٠ دقيقة يوميًّا لممارسة الألعاب المعتدلة. كذلك فإن للأنشطة الأخرى أهميتها بما في ذلك المشي، القفز، الهرولة،بالإضافة إلى العمل في الحدائق وتنظيف المترل. ويضيف الخبراء أن النشاط المتواصل يزيد من عدد نبضات القلب ، وبذلك يتم حرق المزيد من السعرات الحرارية.

راقب السعرات الحرارية

كلما تقدم الإنسان في العمر أخذت عملية الأيض لديه في التباطؤ ، حيث إن ذلك جزء طبيعي من الشيخوخة. ولذا فإذا أردنا المحافظة على وزن ثابت، علينا تعديل السعرات الحرارية التي

نتناولها عن طريق الطعام لتتناسب مع الجهد الجسدي الذي نبذله، فإذا احتاج المـــرء مـــثلا إلى 1500 سعر حراري يوميًّا ليحافظ على وزن معين في سن الأربعين فإنه يحتاج إلى 435 ســـعرا يومياً في سن الخمسين للمحافظة على نفس الوزن.

توزيع الوجبات

وفيما يلي سبع نصائح لمساعدتك على تناول وجبات صحية خارج المترل:

– استخدم خبرة تناول الطعام في الخارج لتناول الأطعمة التي تفتقر إليها في تغذيتك. اطلـــب الخضراوات، السلطة، والحبوب التي يحضرها لك شخص آخر. وينـــصح الأخـــصائيون بتنـــاول الخضراوات المطهوة على البخار دون صلصة.

– تجنب الخبز ورقائق البطاطا.

– ينصح أخصائيو التغذية بالابتعاد عن هذه الأنواع من أجل تناول أنواع أخرى من الطعـــام أشهر وأقل سعرات حرارية.

– تخلصوا من الزبدة.

– اطلب إلى مقدمي الطعام في المطعم أن لا يدهنوا شرائح اللحم، السمك أو الدجاج بالزبدة قبل تقديمها لك. كذلك اطلب الخضراوات دون زبدة فوقها.

– تناول قطعة من الفواكه قبل كل شيء.

– لا تذهب إلى المطعم وبطنك فارغ، بل قم بتناول قطعة من الفواكه، أو كوب من القهوة أو الشاي أو بعض البسكويت المحمص قبل أكل الطعام في المطعم. كذلك يمكنك أن تضيف بعـــض المكسرات إلى طبقة رقيقة من زبدة الفول السوداني على قطعة من الخبز المحمص وبذلك تكون قد تناولت وجبة خفيفة لا تؤثر على شهيتك ونظامك الخاصة بالحمية.

– أشرك الآخرين في وجبتك الرئيسية .

- يجب عليك أن لا تأكل كل شيء طلبته.

- قم بنزع جلد الدجاج قبل تناوله ولا تخجل أن يراك القائمون على المطعم، كذلك انزع الدهون عن اللحم والكريما التي تغطي الحلويات. إن الكثير من الناس يخطئون في تقدير كمية السعرات التي يتناولونها.

ومن أجل تخفيف السعرات في غذائك المفضل عليك القيام بما يلي:

- استبدل السكر بالتوابل.
- استخدم الحليب المنزوع الدسم.
- استخدم طحين القمح الخالص.
- استخدم زلال البيض بدلا من البيض الكامل.
- حضر شوكولاتة قليلة الدسم.
- استبدل اللحوم المفرومة بالصويا.

رفع الأثقال

يعلم الجميع أن العضلات تحرق سعرات حرارية حتى عندما يكون الإنسان جالسًا أكثر من الدهون والأنسجة الأخرى. وإذا لم يرغب الشخص في رفع الأثقال يمكنه السباحة، ممارسة اليوغا أو غير ذلك. صحيح أن العضلات تزن أكثر من الدهون ولكنها تحرق سعرات حرارية أكثر.

ركز على صحة أفضل

بكل تأكيد سيحسن تخفيف الوزن صحة الإنسان ، ولكن إذا أردت أن تظل متحفزا في الوقت الذي تخسر فيه الوزن المطلوب وأبعد من ذلك، عليك التفكير بالمدى البعيد، قل لنفسك: "أريد العيش كي أرى أحفادي" ، بدل أن تقول :" أريد أن أبدو حسن المظهر أمام زملائي في الدراسة".

إن الأشخاص الذين يستطيعون تركيز انتباههم على صحة أفضل يصلون إلى أهدافهم ويستطيعون المحافظة على أوزانهم المرغوبة على المدى البعيد.

راجع أخصائيي التغذية

حينما تجلس مع أخصائيي تغذية المدربين يمكن أن تصيبك الدهشة من كمية السعرات الحرارية التي تتناولها عن طريق طعامك، فكثير من الأشخاص ينسون عشرات الملاعق من السكر التي يضيفونها إلى الشاي أو القهوة أو أنهم لا يدركون عدد السعرات التي تحتويها المشروبات الغازية.

اعرف معدل الأيض لديك

إن معدل السعرات الحرارية التي يحتاج إليها الشخص يوميًّاً يصل إلى 2000 سعرة حرارية ولكنه لا ينطبق على شخص يريد أن يخفف وزنه. كذلك فإن جنس الشخص سواء أذكراً كان أم أنثى وكذلك حجمه لهما علاقة كبيرة بذلك.

ويعرف معدل الأيض للشخص الجالس بأنه الحد الأدنى من السعرات الحرارية التي يحتاج إليها يوميًّاً كي يقوم جسمه بوظائفه الطبيعية.

فإذا قام الشخص بتدريبات رياضية كثيرة فإن حاجاته من السعرات الحرارية تكون أعلى بكثير من تلك التي يحتاج إليها أثناء الجلوس.

تناول وجبة إفطار كبيرة

تكمن الفكرة في ذلك في تناول الكميات الرئيسية من السعرات الحرارية في النهار بدل آخره. فعندما تتناول أكبر كمية من الطعام في أول النهار، فإنك تتيح لجسمك فرصة أفضل لحرق هذه السعرات أثناء النهار. إن تناول وجبة كبيرة على العشاء هي فكرة سيئة لأن هذه السعرات لن يكون لها فرصة كي تحرق بالكامل أثناء الليل.

تناول خمس أو ست وجبات صغيرة في اليوم

بهذه الطريقة يتيح الشخص لجسمه فرصة للتعامل مع الطعام بصورة أفضل ويريح الأعضاء من الوجبات الكبيرة التي يتناولها بعض الناس دفعة واحدة.

٢-٦ التنفس اللاهوائي:

مخرجات التعلم :

٢-١٢توضيح دور التنفس الخلوي في تحرير الطاقة الكامنة في المركبات العضوية.

ب) التمييز بين التنفس الهوائي والتنفس اللاهوائي.

م ١- ١٢- ١طرح أسئلة لتسهيل عملية الاستقصاء، والتنبؤ بنتائج أحداث معينة بناء على معلومات سابقة.

ب) التنبؤ بتأثير وجود الأكسجين على التنفس الخلوي في الكائنات الحية وحيدة الخلية كالبكتيريا والخميرة.

ج) التنبؤ بنواتج التخمر اللبني في عضلة هيكلية أصيبت بالإعياء والتخمر الكحولي في البكتيريا وبعض أنواع الفطريات.

م ٣- ١٢- ٢ تحليل المعلومات والبيانات المقدمة في جداول أو رسوم بيانية .

ج) تفسير البيانات التي توضح تأثير وجود الأكسجين وغيابه على التنفس .

التقديم والتنظيم :

- اطرح على الطلاب أسئلة تمس حياتهم اليومية وتثير تفكيرهم ، ولا يشترط إجابتهم عنهاإجابة صحيحة ، مثل :

١-كيف يمكننا الحصول على اللبن وروب الزبادي والجبن من الحليب؟

٢- ماذا يكون طعم المخللات حامضًا ولاذعًا؟

٣- لماذا تتم إضافة الخميرة إلى العجين؟ وماذا يحصل إذا لم تتم إضافتها؟

٤- أين تتم أكسدة سكر النشا في خلية الخميرة ؟ وما نواتج هذا التأكسد؟

-وضِّح للطلاب أن مفهوم الأكسدة لا يعني بالضرورة وجود الأكسجين وإنما يعني انتقال الإلكترونات من مادة مانحة (المواد الغذائية) على مستقبل لها (الأكسجين في حالة التنفس الهوائي) ، (والأستيل الديهيد والبيروفات في حالة التخمر).

- قارن بين التخمر اللبني والتخمر الكحولي من خلال وسيلة إيضاحية، بحيث يتعرف الطلاب المواد المتفاعلة والمواد الناتجة ومكان حدوث التفاعل .

- وضِّح للطلاب أهمية دورة الناقل الإلكتروني NADH في نوعي التخمر.

- اطلب إلى الطلاب تتبع مسارات التفاعل ، وقراءة الأشكال والبيانات الموجودة عليها ؟

٢- ٧ كيف استفاد الإنسان من فكرة التخمر

مخرجات التعلم:

٢-١٢ توضيح دور التنفس الخلوي في تحرير الطاقة الكامنة في المركبات العضوية.

و) توضيح كيف ساهمت العلوم والتقانة في تطوير تطبيقات كيميائية حيوية في الصحة والصناعة.

م ٢- ١٢- ٣ انتقاء المعلومات من مصادر مختلفة مطبوعة أو إلكترونية .

أ) البحث من خلال المراجع والمصادر المطبوعة والإلكترونية عن التطبيقات الحياتية المختلفة للتخمر.

التقديم والتنظيم :

في ضوء خبراتهم السابقة ، ودراستهم لأنواع التخمر ، اطرح على الطلاب الأسئلة الآتية:

- ما التطبيقات الحياتية المترلية البسيطة لفكرة التخمر؟
- ما الصناعات العالمية التي ترتكز بالأساس على فكرة التخمر؟

- لماذا تزداد حموضة اللبن مع الزمن؟
- ما السبب الذي يجعل العجين ينتفخ عند خبزه؟ وما فائدة ذلك؟

بعد مناقشة الأسئلة السابقة مع الطلاب يمكنك :

- مناقشة الطلاب بالتطبيقات الحياتية للتخمر.
- إجراء مقارنة بين التخمر اللبني والكحولي من حيث تطبيقات كل منهما الصناعية.
- اطلب إلى الطلاب إعداد تقرير عن تطبيقات التخمر في الماضي والحاضر.
- توضيح أن الخميرة التي يستخدمونها في بيوتهم ، والتي تستخدم في المخابز عبارة عن كائنات حية وحيدة الخلية ،حقيقية النواة تتكاثر بالتبرعم ، ويمكنها أن تتنفس هوائيًّا ولا هوائيًّا
- توضيح الفرق بين الغاز المستخرج من النفط الخام (البترول الخام) ، وبين الغاز الحيوي.
- استخدام بيانات وجداول إحصائية لكمية الطاقة المستخلصة بطريقة التخمر الكحولي من خلال توظيف الشبكة العالمية للاتصالات الدولية (الشبكة العالمية للاتصالات الدولية) .

خلفية علمية :

الوقود الحيوي

يعتبر الوقود الحيوي أحد أهم نواتج الكتل الحيوية والتي يتم الحصول عليها ضمن ظروف تصنيعية خاصة ، ومن أهم أنواع الوقود الحيوي: **الايثانول**

يعتبر الايثانول أحد أهم الكحولات والتي تدخل في الكثير من الصناعات الكيميائية الهامة جدًا. يتم إنتاج الايثانول من الكتل الحيوية عن طريق عملية التخمر للفضلات fermentationبالاستعانة بالكائنات الحية المجهرية وبغياب الهواء ، وتعتبر البرازيل من أكثر الدول إنتاجا واستخداما للإيثانول كوقود للسيارات ، هذا علما بأن الايثانول يتميز بكونه وقودًا مثاليًا حيث لا يتخلف عن حرقه نواتج ثانوية ضارة بالبيئة ، كما يمكن أن يستخدم الإيثانول لإنتاج الهيدروجين اللازم لخلايا الوقود.

الميثانول

يدخل الميثانول في العديد من الصناعات ، وبالرغم من مخاطر هذه المادة على الإنسان في حال التعرض لها ، إلا أن لها تطبيقات واستخدامات لا يمكن الاستغناء عنها ، ويتم إنتاج الميثانول من خلال التحلل الحراري للكتل الحيوية وبغياب الهواء وعلى درجة $300^{\circ}C$.

الديزل الحيوي

يتم إنتاجه من خلال تفاعل بعض الزيوت النباتية مع أحد المركبات القاعدية حيث ينتج ما يعرف بالديزل الحيوي والذي يشهد حاليا تطبيقات واستخدامات واسعة في كل من الولايات المتحدة الأمريكية وأوروبا.

٢-٨: بعض التأثيرات السلبية للعلوم والتقانة على عملية التنفس الخلوي

مخرجات التعلم:

٢-١٢توضيح دور التنفس الخلوي في تحرير الطاقة الكامنة في المركبات العضوية.

ز) توضيح التأثيرات الإيجابية والسلبية للعلوم والتقانة على الإنسان والبيئة.

م ٢- ١٢- ٣ انتقاء المعلومات من مصادر مختلفة مطبوعة أو إلكترونية .

- البحث من خلال المراجع والمصادر المطبوعة والإلكترونية عن الآثار السلبية على الإنسان والبيئة نتيجة تقدم العلوم والتقانة في مجال التخمر الحيوي.

التقديم والتنظيم :

استهل تدريس هذا الموضوع بسرد حادثة -إن أمكن- عن بعض الآثار السلبية للعلوم والتقانة على البيئة .

ناقش الطلاب في بعض الآثار السلبية للعلوم والتقانة على الإنسان والبيئة .

اطلب إلى الطلاب إعداد تقرير عن هذه الآثار.

استخدم أسلوب العصف الذهني وحل المشكلات في تدريس هذه المواضيع.

ركِّز على تنمية الجانب الوجداني وتعزيزه لدى الطلاب من خلال تشجيعهم على المحافظة على موجودات البيئة وعناصرها.

اربط بين الآثار الإيجابية والسلبية للعلوم والتقانة ، ووضِّح للطلاب أنه يمكن للإنسان أن يستغل موارد البيئة ، ويحافظ على توازنها بنفس الوقت ، ويحقق مبدأ التنمية المستدامة.

استخدم الشبكة العالمية للاتصالات الدولية لتوضيح مدى الأضرار التي ألحقها الإنسان بالبيئة ، وما الجهود المبذولة للمحافظة عليها خاصة في مجال التخمر الحيوي بأنواعه المختلفة.

إجابات أسئلة الفصل الثاني:

السؤال الأول:

١- ج

٢- د

٣- ب

٤- ب

٥- أ

٦- ج

٧- ب

٨- أ

السؤال الثاني:

أ)

وذلك لأن معظم الطاقة الكامنة في إلكترونات الغذاء والتي انتقلت عبر النواقل الإلكترونية $NADH \ \&FADH_2$ يتم استخلاصها في هذه المرحلة ، ويتم تحويل جزيئات ADPإلى ATP ، وهذا يتم بفعل الأسموزية الكيميائية وإنزيم ATP synthase.

الكربوهيدرات مركبات عضوية بسيطة التركيب ،سهلة الهضم ، وتبذل الخلية طاقة بسيطة لتحطيم الروابط بين ذرات العناصر المكونة لها لتحرير الطاقة الكامنة بها، بالإضافة إلى قابليتها للتحول إلى دهون تعمل على زيادة الوزن.

ب)

١- تتوقف عملية التنفس الخلوي في الميتوكندريا ، وتقتصر عملية أكسدة المواد الغذائية على مرحلة الانشطار السكري التي تعطي كمية قليلة من الطاقة ، وهي غير كافية لاستمرارية حياة الكائن الحي وبالتالي تؤدي إلى موته .

٢- تتسرب كمية من السترات إلى السيتوبلازم ، فتعمل على تثبيط إنزيم فوسفوفركتوكينيز، وهو ما يؤدي إلى منع تكوُّن حمض البيروفيك ، وبالتالي إبطاء مرحلة الانشطار السكري.

٣- يدل التركيز العالي من الهيدروجين داخل الغشاء الداخلي للميتوكندريا على إنتاج عالٍ من الطاقة ، وهو ما يستدعي إبطاء مراحل التنفس الخلوي من خلال مركب NADH الذي يرتبط بإنزيم بيروفيت ديكاربوكسيليز لخفض كمية استيل كوA ، الذي يعتبر مفتاح دورة كريبس .

٤-تتحول إلى أحماض أمينية ، وهذه الأحماض تفقد مجموعة الأمين NH_2 ، ثم يتحول بعض منها إلى بيروفات، وبعضها إلى مجموعة استيل بشكل مباشر ، وبعضها الآخر يدخل دورة كريبس مباشرة، وذلك لتتم أكسدتها وإنتاج الطاقة .

ج) الإجابة موجودة في كتاب الطالب.

السؤال الثالث:

أ)

١- بكتيريا، ٢- خميرة ،٣- CO_2 ، ٤ - حمض اللبنيك(اللاكتيك) ،٥- انتفاخ العجين ٦- الطعم الحامض.

ب)

١- تؤمن الأسموزية فرقا في تركيز أيون الهيدروجين بين جانبي الغشاء الداخلي

للميتوكندريا ، حيث يكون تركيز $H+$ في الخارج أعلى من تركيزه في الداخل، بعد ذلك تدخل الأيونات عن طريق إنزيم ATP synthase ، وفي هذه الأثناء يتم تحويل جزيئات ADP عن طريق الإنزيم نفسه على ATP .

٢- لأن NADH يعتبر الناقل الرئيسي لمعظم الإلكترونات المنتزعة من الغذاء ، وإرسالها إلى المستقبل النهائي (الأكسجين) ، وذلك لتكوين الماء وتحرير الطاقة .

ج) ويمكن الربط بين سلسلة نقل الإلكترونات والأسموزية الكيميائية على النحو الآتي:

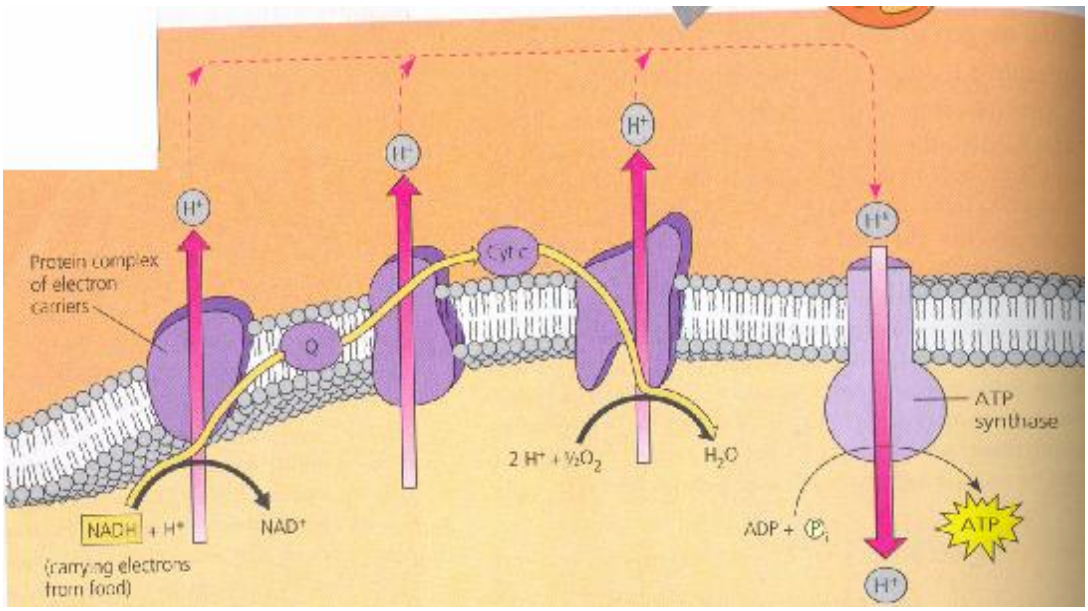
- تقوم النواقل الإلكترونية ($NADH$ & $FADH_2$) بنقل الإلكترونات من الوحدات الأولية للغذاء monomers بعد أكسدتها إلى سلسلة نقل الإلكترونات (المركبات البروتينية الموجودة في الغشاء الداخلي للميتوكندريا). (دور سلسلة نقل الإلكترونات).

- تقوم سلسلة نقل الإلكترونات بضخ أيونات الهيدروجين من داخل الغشاء إلى خارجه، الأمر الذي يسبب فرقًا في تركيز أيونات الهيدروجين بين داخل وخارج الغشاء الداخلي للميتوكندريا.(دور الأسموزية الكيميائية).

- تتدفق أيونات الهيدروجين H^+ من خلال إنزيم ATP synthase. (دور الأسموزية الكيميائية). يقوم إنزيم ATP synthase بنقل مجموعة فوسفات Pi إلى ADP وينتج ATP .

السؤال الرابع:

أ):



١-سلسلة نقل الإلكترونات تحدث في الغشاء الداخلي للميتوكندريا.

٢-استقبال الإلكترونات والارتباط بأيونات الهيدروجين لتكوين الماء.

٣-١-ATP synthase ، ٢- ناقل إلكتروني ، ٣- NADH

٤-الإجابة موجودة في كتاب الطالب.

ب) الرسم موجود في كتاب الطالب.

ج) الطاقة الناتجة من أكسدة 10 جزيئات جلوكوز في السيتوسول هي 40 ATP .

د) على الطالب البحث عن الإجابة في مصادر المعرفة المختلفة كالشبكة العالمية للاتصالات الدولية ، المجلات المتخصصة، الصحف ، الكتب ، وغيرها.