دولة ليبيا
وزارة التعليم
مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية

الفيزياء

للسنة الثانية بمرحلة التعليم الثانوي

القسم العلمي

الاسبوع الحادي عشر

المدرسة الليبية بفرنسا ـ تور

العام الدراسي:
1441 / 1442 هـ . 2020 / 2021 م.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

الوحدة 6

الخواص العامة للموجة

General Wave Properties

مخرجات التعلم

في هذه الوحدة، سوف :

- ☐ تصف المقصود بحركة الموجة كما توضحها اهتزازات الحبال، والأسلاك الزنبركية، والموجات في حوض الأمواج.
- ☐ تذكر المقصود بمصطلح *صدر الموجة*.
- ☐ تبين فهمًا بأن الموجات تنقل الطاقة من دون نقل المادة.
- ☐ تعرف *السرعة القياسية* ، *والتردد*، *وطول الموجة*، والزمن الدوري ، *والسعة*.
- ☐ تتذكر العلاقة : سرعة *الموجة* = التردد X الطول الموجي
- ☐ تطبق العلاقة بين سرعة *الموجة* ، والتردد، و الطول الموجي.
- ☐ تقارن الموجات المستعرضة والطولية، وتذكر أمثلة مناسبة لكل منها.
- ☐ تذكر أن جميع الموجات الكهرومغناطيسية هي موجات مستعرضة تتحرك بنفس السرعة العالية في الفراغ، وتذكر مقدار تلك السرعة.
- ☐ تصف المكونات الرئيسة للطيف الكهرومغناطيسي.
- ☐ تناقش دور المكونات التالية في التطبيقات المذكورة:

(1) الموجات اللاسلكية في اتصالات الإذاعة والتلفاز.

(2) الموجات الميكرومترية في الإرسال المرئي، والاتصالات الهاتفية عبر الأقمار الصناعية.

(3) الموجات دون الحمراء في الأجهزة الكهربائية المنزلية، وأجهزة التحكم عن بعد، وأجهزة الإنذار.

(4) الضوء في الألياف البصرية، وفي الاستخدامات الطبية، ووسائل الاتصالات السلكية واللاسلكية.

(5) الأشعة فوق البنفسجية في العلاج، وفي التعقيم، وفي أنابيب الفلورسنت.

(6) أشعة إكس في استخدامات المستشفيات، وفي التطبيقات الهندسية.

(7) أشعة جاما في العلاج الطبي.

ندرس الموجات وسلوكها لفهم العلم الحديث. فبجانب الموجات الضوئية والصوتية المعتادة، تمكن العلم الحديث من استخدام أنواع كثيرة من الموجات مثل الموجات اللاسلكية (لحمل إشارات كهربائية)، وأشعة إكس (للتصوير في الأغراض الطبية والصناعية)، والإشعاع دون الأحمر (للتصوير في الظلام أو خلال الضباب البسيط أو الكثيف)، والإشعاع فوق البنفسجي (لبدء تفاعلات كيميائية).

وقد يكون لديك بعض الأفكار عن الموجات نتيجة لخبراتك مع الماء في حوض الاستحمام أو في البحر. ونحتاج إلى معرفة أكثر حتى نستخدم الموجات بشكل أفضل. ستناقش هذه الوحدة أفكارًا كثيرة قد لا تعرفها من قبل.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية - ليبيا

6-1 المدخل إلى الموجات
Introducing Waves

- يمكن تصور الموجة كانتشار للاضطراب من مكان لآخر.
- مصدر أي موجة هو اهتزاز أو تذبذب.
- توفر الحركة الموجية آلية لنقل الطاقة من نقطة إلى أخرى من دون الانتقال الفيزيائي لأي مادة بين النقطتين.

الموجات من حولنا

الموجات المائية منظر مألوف على الشواطئ، وهي أحد الأنواع العديدة للحركة الموجية حولنا، والتي تشمل الموجات الصوتية من الأجهزة الصوتية، والموجات الضوئية من الشمس، والموجات اللاسلكية من أجهزة الإرسال في محطات الإذاعة، والموجات الكهرومغناطيسية مثل أشعة جاما وأشعة إكس، والموجات الميكرومترية.

وتحمل الموجات طاقة، فتتسبب على سبيل المثال الموجات الزلزالية الناتجة أثناء الزلازل في تلفيات كبيرة للمباني وما يحيط بها.

ما الموجة؟

يمكن تصور الموجة كانتشار للاضطراب من مكان لآخر، فعند إلقاء حصية في بركة ذات ماء ساكن، تتحرك على سطح الماء موجات دائرية تجاه الخارج. وتنتقل الطاقة بانتشار تلك الموجات الدائرية.

شكل 6 – 2 موجات دائرية

مصدر الموجات

إن مصدر أية موجة هو اهتزاز أو تذبذب. فيمكنك على سبيل المثال إنتاج موجات على حبل ما بتثبيت أحد أطرافه في جدار، ثم تحريك الطرف الأخر لأعلى ولأسفل (شكل 6 – 3). تُكوِّن هذه التحركات لأعلى ولأسفل الاهتزازت أو الذبذبات.

ونستطيع من شكل 6 – 3 ملاحظة أن الموجات الحبلية تتحرك جانبيًّا، بينما يتحرك الحبل نفسه لأعلى ولأسفل. ويمكننا القول بأن الحبل هو الوسط الذي تتحرك أو تتولد خلاله الموجات الحبلية.

يُعتبر الماء في المثال السابق عن الحصية التي سقطت في بركة ماء ساكن، وسطًا تتولد خلاله الموجات المائية. تتحرك الجزيئات المائية فقط لأعلى ولأسفل (كما في حالة الجسيمات في الحبل)، بينما تنتشر الموجات المائية للخارج. ويمكن استنتاج ذلك بمشاهدة حركة أي أجسام طافية (مثل أوراق الشجر) على سطح البركة. عند اجتياز الموجات المائية الدائرية تلك الأجسام الطافية فإن الأجسام تعلو وتهبط نتيجة حركة جزيئات الماء أسفلها لأعلى ولأسفل. وينطبق ذلك فقط على الموجات في الماء الساكن وليس على الموجات في البحار المفتوحة حيث تكون الحركة الموجية أكثر تعقيدًا.

ويمكننا من المثالين المذكورين ملاحظة خاصية مهمة مشتركة لجميع التحركات الموجية: توفر الحركة الموجية آلية لنقل الطاقة من نقطة لأخرى من دون الانتقال الفيزيائي للوسط (مثل الحبل أو الماء) بين النقطتين.

شكل 6 1 الموجات حولنا

شكل 6 – 3 توليد موجات حبلية

شكل 6 – 4 الأجسام الطافية تعلو وتهبط على سطح الماء، ولا تتحرك جانبيًّا عندما تجتازها موجة

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

6 - 2 الموجات المستعرضة والطولية

Transverse and Longitudinal Waves

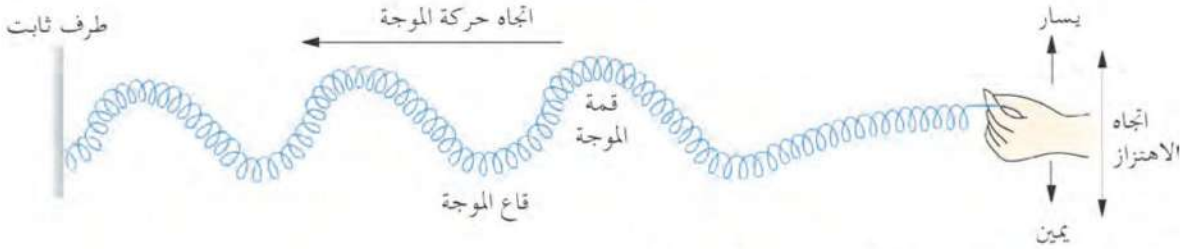
أسئلة التقويم الذاتي

(أ) ما الموجة؟
(ب) كيف تحدث الموجة؟

يمكن تصنيف جميع الموجات إلى نوعين: موجات مستعرضة، وموجات طولية. والموجات الحبلية، والمائية، والضوئية، واللاسلكية أمثلة للموجات المستعرضة، بينما الموجات الصوتية، والموجات الناتجة في زنبرك مشدود يتذبذب رأسيًّا أمثلة للموجات الطولية.

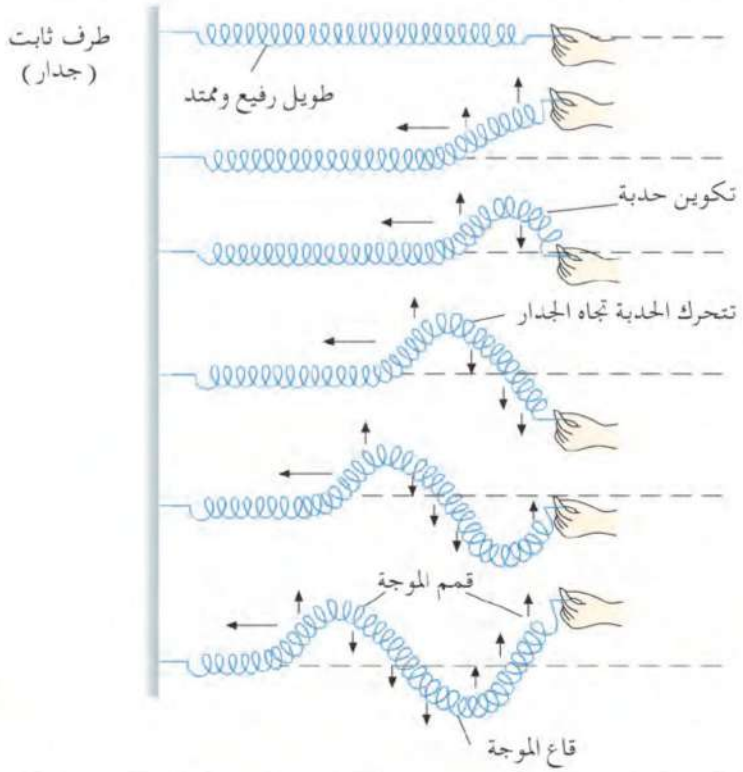
الموجات المستعرضة

تنتشر الموجات المستعرضة في اتجاه متعامد على اتجاه الاهتزاز. ويبين شكل 6 - 5 موجة مستعرضة أنتجت على زنبرك رفيع موضوع على أرضية ناعمة (أو منضدة طويلة).



شكل 6 - 5 موجة مستعرضة على زنبرك طويل رفيع (منظر أفقي)

ويبين شكل 6 - 6 كيفية إنتاج الموجة المستعرضة السابقة في زنبرك طويل رفيع على مراحل.



شكل 6 - 6 توليد موجات مستعرضة باستخدام زنبرك رفيع طويل (منظر أفقي)

تعرف الموجات التي تنتشر في اتجاه متعامد على اتجاه الاهتزاز بالموجات المستعرضة.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية - ليبيا

اجذب زنبركًا طويلًا رفيعًا بطول أرضية ناعمة (أو منضدة طويلة) بحيث يكون أحد طرفيه مثبَّتًا . أمسك الطرف الآخر، وحرِّكه جهة اليسار واليمين بشكل متكرر . ترى عندئذ سنام (قمم وقيعان) تتحرك بعيدًا عنك تجاه الجدار .

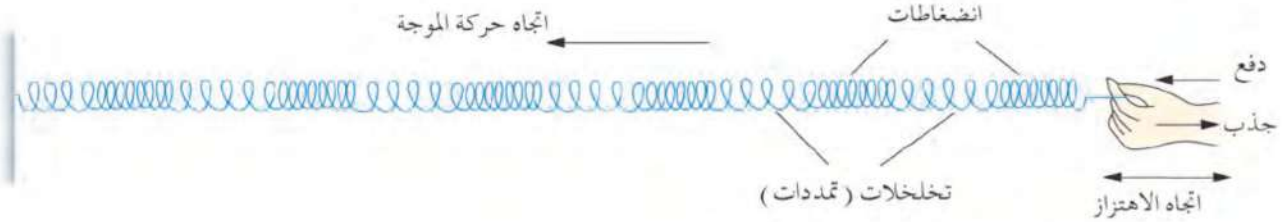
وتمثل الأسهم الرأسية (↓ و↑) حركة الجسيمات في الزنبرك الممتد وهي تنزاح يمينًا ويسارًا، في حين يمثل السهم الأفقي(←) حركة الموجة بطول الزنبرك .

لاحظ أن الأسهم تشكل زوايا قائمة مع بعضها البعض، بمعنى أنه بالنسبة للموجات المستعرضة فإن إزاحة الجسيمات تكون على شكل زوايا قائمة مع اتجاه مسار حركة الموجة .

تسمى الموجات التي تسير في اتجاه مواز لاتجاه الاهتزاز موجات طولية .

الموجات الطولية

تتحرك الموجات الطولية في اتجاه مواز لاتجاه الاهتزازات . ويبين شكل 6 – 7 موجة طولية أنتجت على نفس الزنبرك الطويل الرفيع المتمدد على أرضية ناعمة (أو منضدة طويلة) .



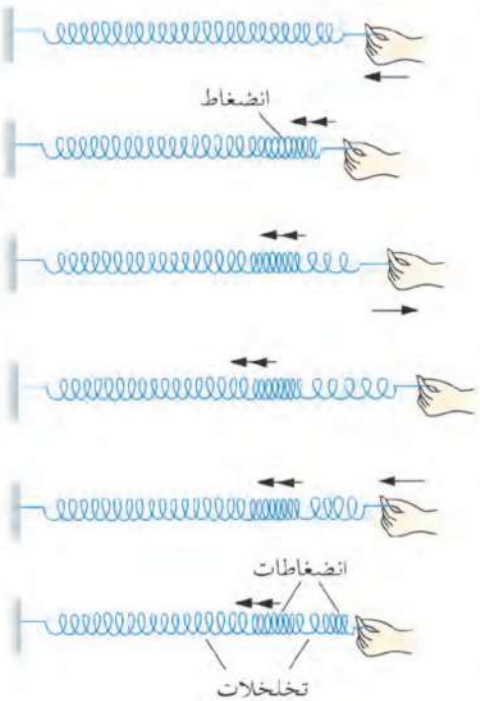
شكل 6 – 7 موجة طولية على زنبرك طويل رفيع (منظر افقي)

ويمكننا مرة ثانية باستخدام الزنبرك الطويل الرفيع توضيح كيفية توليد موجات طولية (شكل 6 – 8) .

يتم مد الزنبرك نفسه على الأرضية الناعمة (أو المنضدة الطويلة) بتثبيت أحد طرفيه . أمسك الطرف الأخر للزنبرك، وحرِّكه للأمام وللخلف (بمعنى دفع وجذب) لينضغط ويتمدد .

ترى التخلخلات (الامتدادات)، والانضغاطات تتحرك بطول الزنبرك تجاه الجدار . وتمثل الأسهم (⟿) حركة الموجة بطول الزنبرك، بينما تمثل الأسهم (← و→) اتجاه الاهتزاز (الذي يكون في نفس الاتجاه مثل إزاحة الجسميات في الزنبرك) .

لاحظ أن الأسهم تكون بطول نفس الخط، بمعنى أنه بالنسبة للموجات الطولية تكون إزاحة الجسيمات على خط واحد معًا أو تكون موازية لاتجاه حركة الموجة .



شكل 6 – 8 توليد موجات طولية باستخدام زنبرك طويل رفيع (منظر أفقي)

أسئلة التقويم الذاتي

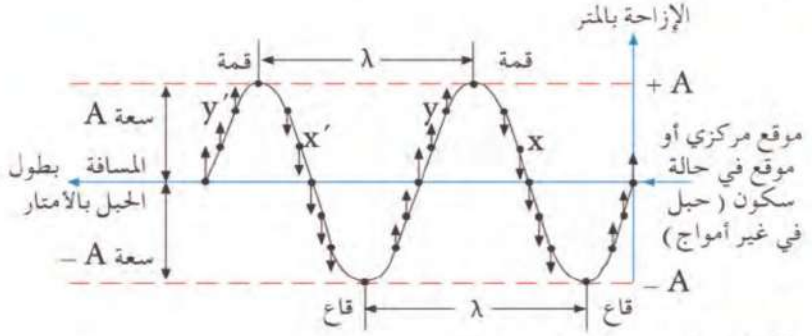
(أ) اذكر مثالين للموجات المستعرضة، ومثالين للموجات الطولية .

(ب) اذكر اختلافين بين الموجات المستعرضة، والموجات الطولية .

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

وصف الموجات

يبين شكل 6 – 9 رسمًا بيانيًّا لإزاحة حبل بمحاذاة طوله في لحظة معينة، وتبين الأسهم على الرسم اتجاه حركة الجسيمات في الحبل. السهم الأقصر يعني سرعة أبطأ، في حين السهم الأطول يعني سرعة أعلى. والنقاط (بمعنى الجسيمات) من دون أي أسهم تعني أنها في حالة سكون مؤقت.



شكل 6 9 موجة حبل مستعرضة

تستخدم المصطلحات التالية لوصف حركة الموجة:

1- **قمة وقاع الموجة**: هي النقاط المرتفعة والمنخفضة التي تميز الموجات المستعرضة فقط. وبالنسبة للموجات الطولية نستخدم مصطلحي: *انضغاطات وتخلخلات*.

2- **السعة، A**: هي الإزاحة القصوى من حالة السكون أو الموقع المركزي في أي من الاتجاهين، ووحدة قياسها في النظام الدولي هي المتر (m).

3- **الطور**: يقال إن نقطتين (مثل (x و x')، (y و y')) متفقتان في الطور لأنهما يتحركان في نفس الاتجاه بنفس السرعة، ولهما نفس الإزاحة من موضع السكون. أي قمتين أو أي قاعين هما في طور واحد.

4- **الطول الموجي، λ**: هي أقصر مسافة بين أي نقطتين على موجة ما، يكونا متفقتين في الطور. وأسهل نقطتين يمكن اختيارهما لمسافة طول موجي واحد هما قمتين متتابعتين، أو قاعين متتاليين، ووحدة القياس في النظام الدولي هي المتر (m).

5- **التردد، f**: هو عدد الموجات الكاملة المنتجة كل ثانية. ومن شكل 6 – 9 توجد موجتين كاملتين، وإذا أنتجا في ثانية واحدة، نقول أن تردد تلك الموجة هو موجتين كل ثانية أو 2 هيرتز. والهيرتز (Hz) هو وحدة القياس في النظام الدولي للتردد.

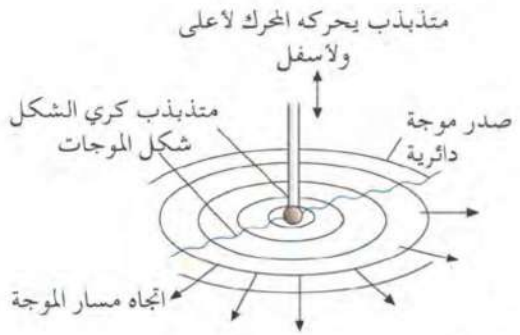
6- **الزمن الدوري، T**: هو الزمن المستغرق لإنتاج موجة كاملة، ووحدة قياس الزمن في النظام الدولي هي الثانية (s). ويشمل ذلك ضمنًا المعادلة التي تربط الزمن T والتردد f:

$$T = \frac{1}{f}$$

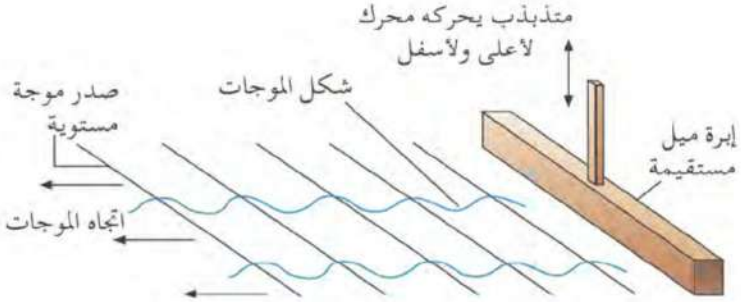
7- **السرعة القياسية للموجة، v**: هي المسافة التي تقطعها الموجة في ثانية واحدة. ووحدة قياسها في النظام الدولي هي المتر لكل ثانية ($m\,s^{-1}$).

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

8- **صـدر الموجة**: هي خط تخيلي على موجـة يربط جميع النقاط التي لها نفس طور الاهتزاز . فيمكن على سبيل المثال رسم صدر الموجـة بوصل جميع قممهـا . ويكون دائمًا اتجـاه حركة الموجة متعامدًا على صدرها، ويبين شكلا 6 – 10، 6 – 11 كيفية إنتاج صدور موجات دائرية ومستوية .



شكل 6 – 10 الموجات المائية الدائرية



شكل 6 – 11 الموجات المائية المستوية

ستتحرك قمة الموجة خلال فترة واحدة (T) مسافة طول موجي واحد (λ). ولهذا تُعْطَى سرعة الموجة v بالعلاقة :

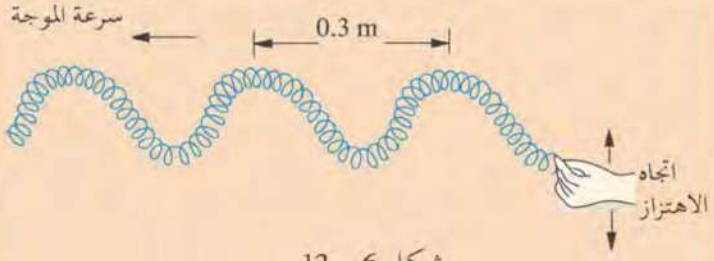
$$v = \frac{\lambda}{T}$$ (سرعة الموجة تساوي المسافة / الزمن)

ولكن $f = \frac{1}{T}$ يساوي التردد، $\frac{1}{\text{الزمن الدوري}}$

ولهذا، سرعة الموجة تساوي التردد × الطول الموجي، $v = f\lambda$

مثال محلول 6 – 1

يبين شكل 6 – 12 موجات تتحرك على زنبرك طويل ورفيع ذات تردد 3 Hz وطول موجي 0.3 m. ما سرعة الموجة؟



شكل 6 – 12

الحـل :

المعطيات : تردد الموجة، $f = 3$ Hz

الطول الموجي، $\lambda = 0.3$ m

سرعة الموجة تساوي التردد × طول الموجة

$$v = f\lambda$$
$$= (3)\ (0.3)$$
$$= 0.9 \text{ m s}^{-1}$$

تذكر : سرعة الموجة تساوي التردد × طول الموجة،
$v = f\lambda$

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

مثال محلول 6 – 2

سرعة ضوء أخضر ذو طول موجي 0.6 μm في الفراغ هي $3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ ما تردده؟

الحـــل:

المعطيات: طول الموجة، $\lambda = 0.6 \text{ μm}$

$= 0.6 \times 10^{-6} \text{ m}$

سرعة الضوء، $c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

وباستخدام معادلة الموجة [السرعة تساوي التردد × طول الموجة]، $c = f\lambda$

حيث f التردد المجهول للضوء الأخضر.

ولهذا، $$f = \frac{c}{\lambda}$$

$$= \frac{3 \times 10^8}{0.6 \times 10^{-6}}$$

$$= 5 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

هـل لاحظت من المثالين المحلولين أن سـرعة وتردد الضـوء الأخضر (جزء من مجموعة الموجات الكهرمغناطيسـية) أكبر بكثير من سـرعة وتردد الموجات فـي الزنبـرك الرفيـع الطويل؟ تكـون في الواقع سـرعة الضوء فـي الفراغ هي السـرعة المحددة (أو القصوى) التي لا يمكن لأي جسـم متحرك أن يجتازها. إنهـا حوالـي $3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$. وسـيتناول الجـزء 6 – 5 الموجات الكهرومغناطيسية المدهشة والتي يعتبر الضوء المنظور أحد أعضائها.

أسئلة التقويم الذاتي

ما المسافة (بدلالة الطول الموجي) بين قمة ما، والقاع المجاور لها؟

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا