2

الرسائل التعليمية متعددة الوسائط

إن الرسالة التعليمية متعددة الوسائط هي تواصل يستخدم الكلمات والصور ويهدف إلى تعزيز التعلم. وعلى سبيل المثال تتضمن رسالة تعليمية متعددة الوسائط في كتاب ما نصاً مطبوعاً ورسومات، في حين تتضمن رسالة تعليمية متعددة الوسائط في الحاسوب سرداً ورسوماً متحركة. وسندرج أمثلة على رسائل تعليمية متعددة الوسائط تتضمن كلمات وصوراً تهدف إلى شرح تشكل البرق، وطريقة عمل مكابح السيارة، وطريقة عمل مضخة إطارات الدراجات.

■■ مخطط الفصل

ما هي الرسائل التعليمية متعددة الوسائط؟

كيف يتشكل البرق؟

كيف تعمل المكابح؟

كيف تعمل المضخات؟

خاتمة

ما هي الرسائل التعليمية متعددة الوسائط

يهتم هذا الكتاب بتصميم «الرسائل التعليمية متعددة الوسائط». فالرسالة التعليمية متعددة الوسائط هي تواصل تستخدم فيه الكلمات والصور ويهدف إلى تعزيز التعليم. ولهذا التعريف ثلاثة أجزاء. أولاً: إن كلمة «الرسالة» تعكس فكرة أن الرسائل التعليمية متعددة الوسائط هي عروض أو تواصلات بين المعلم والمتعلم. ثانياً: إن كلمة «التعليمية» تعكس فكرة أن هدف الرسالة متعددة الوسائط هو تعزيز التعلم لدى المتعلم (بما فيه الفهم). ثالثاً: أن كلمة «متعددة الوسائط» تعكس فكرة عرض الرسالة باستخدام الكلمات والصور معاً.

أقدم في هذا الفصل ثلاثة أمثلة رئيسية للرسائل التعليمية متعددة الوسائط: شرحاً حول كيفية تشكل البرق، وشرحاً حول طريقة عمل مكابح السيارة، وشرحاً حول طريقة عمل مضخة إطارات الدراجات. وفي كل مثال أقدم أولاً: الشرح بالكلمات أي بالطريقة التقليدية لعرض المادة كرسالة تعليمية وحيدة الواسطة. ثم أبين طريقة عرض الرسائل التعليمية متعددة الوسائط في كتاب باستخدام النص المطبوع والرسومات، ثم طريقة عرض الرسالة التعليمية متعددة الوسائط في الحاسوب باستخدام السرد المسموع والرسوم المتحركة. وأخيراً أبين كيف يمكن قياس التعلم باستخدام اختبارات الحفظ ـ لتحديد درجة تذكر المتعلم الشرح المقدم إليه ـ وباستخدام اختبارات التطبيق

لتحديد درجة فهم المتعلم الشرح المقدم إليه.

كيف يتشكل البرق

انظر إلى السيناريو الآتي: نظراً لكونك تعمل على مشروع ما، فأنت ترغب بمعرفة كيف يحدث البرق. وتبحث عن كلمة البرق في الموسوعة فتجد النبذة التالية:

يمكن تعريف البرق باعتباره تفريغ الكهرباء الناتجة عن الاختلاف في الشحنات الكهربائية بين السحابة وبين سطح الأرض.

عندما يكون سطح الأرض دافئاً يسخن الهواء الرطب الموجود قرب سطح الأرض ويرتفع بسرعة مسبباً تياراً صاعداً. وعندما يبرد الهواء في هذا التيار يتكاثف بخار الماء ويصبح قطيرات ويشكل سحابة. يمتد الجزء العلوي من السحابة فوق مستوى التجمد. في هذا الارتفاع تكون حرارة الهواء أقل بكثير من درجة التجمد لذا تتكون بلورات ثلجية صغيرة في الجزء العلوي من السحابة.

ثم تصبح قطيرات الماء والبلورات الثلجية كبيرة لدرجة لا تستطيع التيارات الصاعدة حملها. وعندما تسقط قطرات المطر وبلورات الثلج عبر السحابة تجر معها بعض الهواء من السحابة باتجاه الأسفل مشكلة تيارات هابطة. وقد تؤدي تيارات الهواء الصاعدة والهابطة ضمن السحابة إلى تشكل البَرَد. وعندما تصطدم التيارات الهابطة بسطح الأرض فإنها تنتشر في كل الاتجاهات

مسببة هبات من الريح الباردة يشعر بها الناس قبل هطول المطر.

يؤدي تحرك الهواء داخل السحابة إلى تشكل شحنات كهربائية، ولم يتأكد العلماء تماماً من كيفية تشكلها إنما يعتقد معظمهم أن الشحنات تحدث بسبب اصطدام قطيرات الماء الخفيفة والبلورات الثلجية الصغيرة الصاعدة إلى الأعلى بالبَرَد والجسيمات الأخرى الأثقل وزناً الهابطة إلى الأسفل. تسقط الجسيمات سالبة الشحنة إلى قعر السحابة وتصعد معظم الجسيمات موجبة الشحنة إلى الجزء العلوي منها.

تبدأ أول ضربة برق من السحابة إلى الأرض بوساطة ومضة رائدة متدرجة. يعتقد كثير من العلماء أن ما يطلقها هو شرارة بين مساحات من الشحنات السالبة والموجبة داخل السحابة. تهبط الومضة الرائدة المتدرجة إلى الأسفل في سلسلة من الخطوات يبلغ طول كل منها حوالي 50 ياردة وتستغرق زمناً يقدر بنحو جزء من مليون جزء من الثانية. وتسكن الومضة بين كل خطوتين فترة قدرها نحو 50 جزءاً من مليون جزء من الثانية. وباقتراب هذه الومضة الرائدة من سطح الأرض تصعد نحوها رائدات موجبة الشحنة من الأجسام العالية على الأرض مثل الأشجار والأبنية لتقابلها. وعادة ما تكون الشحنات الصاعدة من أعلى الأشياء هي أول ما يقابل الومضة المتدرجة الهابطة نحو الأرض لتكمل مساراً بين السحابة والأرض. يحدث الالتقاء عادة على ارتفاع 165 قدماً من سطح الأرض. تسرع الجسيمات سالبة الشحنة هابطة من السحابة إلى الأرض متبعة نفس المسار. لا يكون الضوء شديداً، وتحدث عادة عدة تشعبات.

وباقتراب الومضة الرائدة المتدرجة من الأرض تحرض شحنة مضادة، وهكذا تندفع جسيمات موجبة الشحنة من سطح الأرض إلى الأعلى عبر نفس المسار. وهذه الحركة للأعلى هي الضربة المرتجعة، وهي تصل إلى السحابة بحوالي 70 ميكرو ثانية. وينتج عن الضربة المرتجعة الضوء الساطع الذي يشاهده الناس في ومضة البرق، ولكن نظراً للسرعة الفائقة للتيار لا يمكن للانسان إدراك اتجاه الحركة إلى الأعلى، ويفرغ البرق عادة كهرباء شدتها مئات ملايين الفولتات. يسخن الهواء المحيط بالمسار كثيراً. وهذا التسخين الشديد والسريع يؤدي إلى تمدد الهواء بشكل انفجاري محدثاً موجة صوتية عالية ندعوها بالرعد.

والآن وبعد أن قرأتَ المقطع أعلاه بدقة، وإذا كنتَ مثل أغلب المتعلمين موضوع الدراسة التي أجريتها مع زملائي فقد لا تكون فهمته تماماً. لم تكن نتائج اختبارات الحفظ والتطبيق التي أجريناها على المتعلمين بعد قراءة هذا المقطع المكون من حوالي 500 كلمة جيدة، حتى عندما أجرينا الاختبارات فور الانتهاء من قراءة المقطع. وعندما كنا نطلب من الطلاب كتابة شرح لتشكل البرق (أي اختبار الحفظ) كانوا يتذكرون عادة أقل من نصف الخطوات الرئيسية. وعندما كنا نطلب منهم الإجابة على أسئلة تتطلب استخدام ما قدمناه لهم لحل مسائل جديدة مثل إيجاد طريقة لتخفيف شدة العواصف البرقية (أي اختبار التطبيق)، فإنهم كانوا يعجزون عن استنباط حلول فعالة.

ويتضح بالتالي أن الطريقة التقليدية لعرض الرسائل التعليمية ـ أي الشروح بشكل كلمات مطبوعة ـ والتي تتمتع بقداسة القِدَم ـ ليست ناجحة تماماً.

إن هذه النتائج دعتنا للبحث عن السبل الكفيلة بجعل المادة مفهومة أكثر بالنسبة للطلاب. ونظراً لما لمسناه من قصور الأشكال اللفظية للعرض، فقد اتجهنا للبحث في إمكانيات أشكال العرض البصري. هل يمكننا مساعدة الطلاب على الفهم بإضافة التمثيلات البصرية للشرح اللفظي ؟

ما هي أفضل طريقة لدمج التمثيلات اللفظية والبصرية بهدف تعزيز التعلم؟ هذه الأسئلة هي التي دفعتنا لتأليف هذا الكتاب.

قمنا على الأخص بدراسة نوعين من التعلم بالوسائط المتعددة: النوع الذي يعتمد على الكتاب والنوع الذي يعتمد على الحاسوب.

بالنسبة للكتاب يمكننا التركيز على الطريقة المثلى لدمج النص المطبوع والرسومات. ويمثل الشكل 2 ـ 1 درساً متعدد الوسائط حول تشكل البرق ـ في كتاب ـ وهذا ما أدعوه «بالرسوم المشروحة».

يتألف الدرس من سلسلة من الرسومات، تمثل كل منها خطوة رئيسية في تشكل البرق مع شروحات (حواشي) نصية

تصف كل منها هذه الخطوة وتلاحظون أن الرسومات الخمسة بسيطة، وتقتصر على العناصر الرئيسية: مثل الجسيمات السالبة والموجبة، التيارات الصاعدة والهابطة، والهواء الدافئ والبارد. كما تركز الحواشي النصية أيضاً وبشكل رئيسي على العناصر والخطوات الأساسية في تشكل البرق. وقد تم اختيار الكلمات الخمسين المستخدمة في الرسومات حرفياً من المقطع السابق ذي الـ 500 كلمة. ومن الضروري تنسيق الرسومات والحواشي بحيث ترد إلى جانب بعضها البعض. ونضع كلاً من هذه الرسومات المشروحة قرب الفقرة الملائمة في المقطع ذي الـ 500 كلمة الذي قرأتموه للتو. وهذا يعتبر درساً متعدد الوسائط لأنه يتضمن كلمات (أي النص المطبوع) وصوراً (أي الرسومات).

تعتمد الرسومات المشروحة الواردة في الشكل 2 ـ 1 على قواعد تصميم عامة جرى تكييفها من تحليل الرسومات النصية للمؤلفين ليفين وماير Levin& Mayer (1993) وهي:

التركيز: تم التركيز على الأفكار الأساسية (أي خطوات تشكل البرق) في الرسومات وفي النص.

الإيجاز: لم يتضمن النص شروحات فضفاضة (مثل قصص الأشخاص الذين ضربتهم الصواعق) وكذلك لا تتضمن الرسومات تفاصيل بصرية لا لزوم لها (مثل تفاصيل الرسوم والألوان).

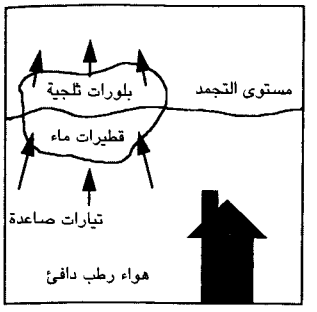
التوافق: توضع كل من الرسوم والنصوص الموجزة الموافقة لها قرب بعضها البعض في الصفحة الواحدة.

التجريد: يعرض النص والرسومات بأشكال تسمح بسهولة التخيل.

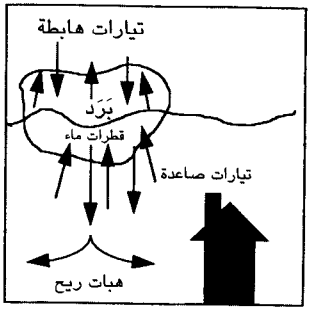
الترابط: تتميز المادة ببناء هيكلي واضح (سلسلة السبب والنتيجة).

سهولة الفهم: قدمت الرسوم والنص بأشكال مألوفة تسمح للمتعلم باستخدام معارفه السابقة بهذا الخصوص.

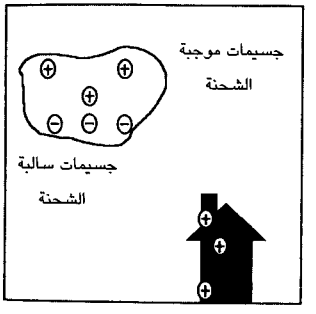
إمكانية الترميز: استخدمت في النص مصطلحات عامة، كما استخدمت في الرسومات خطوط رئيسية بشكل متناغم وبطرق تجعلها ترسخ في الذاكرة.



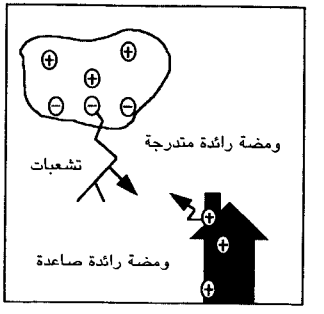
1. يرتفع الهواء الرطب الدافئ، يتكاثف بخار الماء مشكلاً سحابة



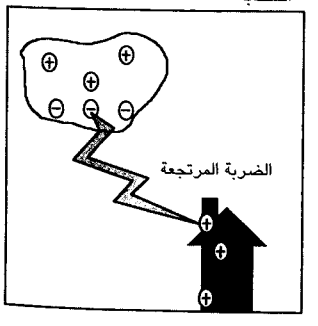
2. تقوم قطرات المطر وبلورات الثلج بجر الهواء إلى الأسفل



3. تسقط الجسيمات سالبة الشحنة إلى قعر السحابة



4. يلتقي الرائدان وتندفع الجسيمات سالبة الشحنة من السحابة إلى الأرض



الشكل 2 ـ 1: رسومات مشروحة في كتاب حول درس البرق (الشكل 1 في كتاب ماير، بوف، بريمان، مارس، تابانجو Mayer, Bove, Bryman, Mars, & Tapangco حقوق الطبع 1996 للجمعية الأميركية لعلم النفس، أعيدت الطباعة بموافقتها).

وبالاختصار فإن الرسومات المشروحة في الشكل 2 ـ 1 تصور مثالاً لرسالة تعليمية متعددة الوسائط جيدة التصميم.

ويمكن تطبيق نفس التوجه عند تصميم درس بالوسائط المتعددة في الحاسوب. يمثل الشكل 2 ـ 2 صوراً منتقاة من درس بالوسائط المتعددة في الحاسوب حول تشكل البرق وأدعوه «بالصور المتحركة مع السرد». مدة الدرس 140 ثانية ويشمل الخطوات الرئيسية في تشكل البرق إضافة إلى السرد المكون من 300 كلمة بصوت رجل يصف فيه كل خطوة رئيسية على حدة.

أخذت الصور المتحركة من الرسومات السابقة وأخذ السرد من المقطع بعد اختصاره. استخدمت في الصور المتحركة خطوط بسيطة تمثل العناصر الأساسية والأحداث الرئيسية. كما يركز السرد على العناصر والأحداث الرئيسية فقط. ومن الضروري تنسيق الكلمات والصور بحيث يتطابق الوصف المحكي مع الحدث الوارد في الصورة. وهكذا فالصور المتحركة مع السرد الوارد في الشكل 2 ـ 2 مثال لرسالة تعليمية جيدة التصميم وهي درس متعدد الوسائط لأنه يتضمن كلمات (السرد) وصوراً (الصور المتحركة).

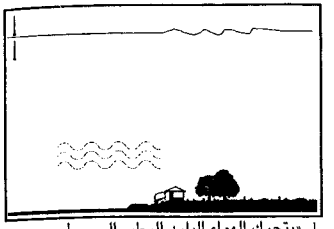
كيف يمكننا تقييم ما تعلمه الطالب من الشرح بالوسائط المتعددة كالعرضين الواردين في الشكلين 2 ـ 1 و2 ـ 2. إن

المعايير التقليدية لقياس التعلم هي الحفظ والتطبيق. يتعلق الحفظ بالمقدار الذي يتذكره المرء من المادة المعروضة. وكمثال على ذلك يبين الجزء العلوي من الشكل 2 ـ 3 اختبار الحفظ لدرس البرق حيث نطلب من المتعلمين كتابة شرح لتشكل البرق.

نمنح الطلاب ـ عادة في دراساتنا ـ ست دقائق لكتابة إجاباتهم على اختبار الحفظ. وأبين فيما يلي الخطوات الأساسية في تشكل البرق بالاستناد إلى العرض الذي قدمناه:

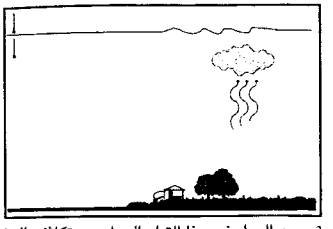
1 ـ يرتفع الهواء
2 ـ يتكاثف الماء
3 ـ يهبط الماء والبلورات
4 ـ يتم سحب الريح إلى الأسفل
5 ـ تسقط الشحنات السالبة إلى قعر السحابة
6 ـ تلتقي الومضتان الرائدتان
7 ـ تندفع الشحنات السالبة إلى الأسفل
8 ـ تندفع الشحنات الموجبة إلى الأعلى.

أشير إلى هذه البنود بـ«الأفكار الرئيسية» لأنها الخطوات الرئيسية في الشرح. ولحساب علامة الحفظ للمتعلم أفحص إجابته ـ أي ورقة الإجابة ـ ثم أرى ما الذي تذكره من الأفكار الرئيسية الثمانية، وأركز في هذا السياق على مضمون إجابة المتعلم لا على الكلمات الحرفية التي استخدمها.

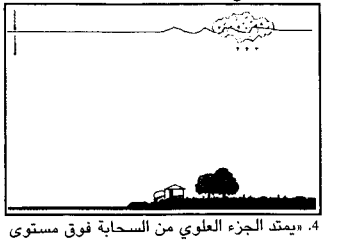


1. «يتحرك الهواء البارد الرطب إلى سطح أكثر دفئاً ويسخن»

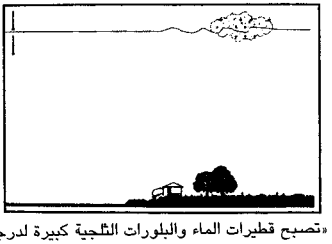
2. «يرتفع الهواء الرطب الدافئ من على سطح الأرض بسرعة».



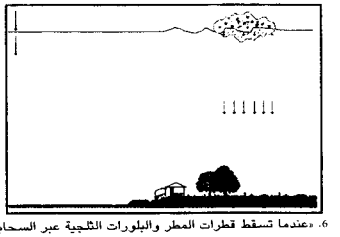
3. يبرد الهواء في هذا التيار الصاعد ويتكاثف البخار ليصبح قطيرات ماء ويشكل سحابة».



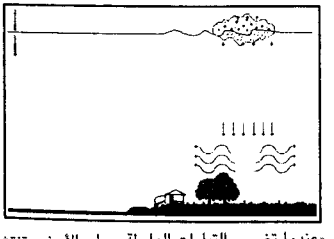
4. «يمتد الجزء العلوي من السحابة فوق مستوى التجمد، لذا تتشكل فيه بلورات ثلجية صغيرة».



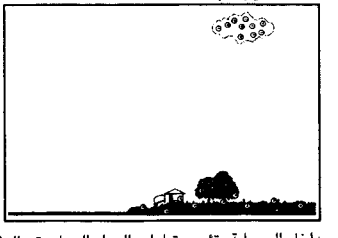
5. «تصبح قطيرات الماء والبلورات الثلجية كبيرة لدرجة لا تستطيع التيارات الصاعدة حملها»



6. «عندما تسقط قطرات المطر والبلورات الثلجية عبر السحابة تجر معها بعض المواد في السحابة نحو الأسفل مشكلة تياراً هابطاً».

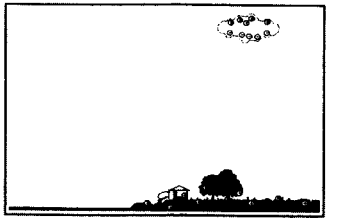


7. «عندما تضرب التيارات الهابطة سطح الأرض تنتشر بكل الاتجاهات مسببة هبات ريح يشعر بها الناس قبل بدء هطول المطر مباشرة».

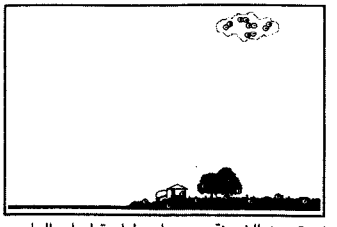


8. «داخل السحابة، تؤدي تيارات الهواء الصاعدة والهابطة إلى تشكل شحنات كهربائية».

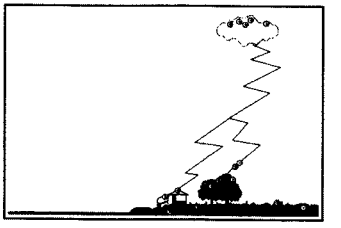
الشكل 2 ـ 2: صور من درس بالحاسوب حول البرق يتضمن صوراً متحركة مع سرد (من الشكل 1 في كتاب ماير ومورينو Mayer & Morino 1998. حقوق الطبع 1998 للجمعية الأميركية لعلم النفس. أعيدت الطباعة بموافقتها).



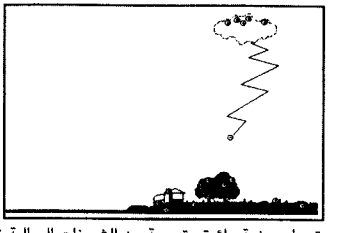
10. «تسقط الجسيمات سالبة الشحنة إلى قعر السحابة وترتفع معظم الجسيمات موجبة الشحنة إلى الأعلى»



9. «تحدث الشحنة بسبب اصطدام قطيرات الماء الصاعدة في السحابة بالأجزاء الثلجية الثقيلة الهابطة».

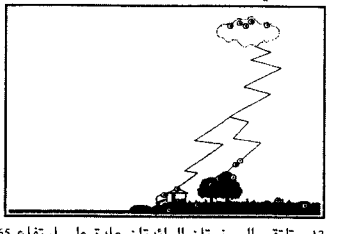


12. «تصعد رائدة إيجابية الشحنة من الأشياء المرتفعة مثل الأشجار والأبنية».

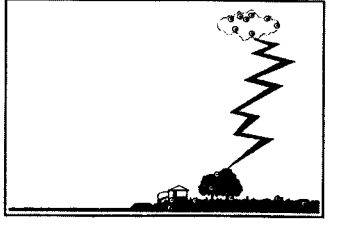


11. «تهبط ومضة رائدة متدرجة من الشحنات السالبة نحو الأسفل في سلسلة من الخطوات وتقترب من الأرض».

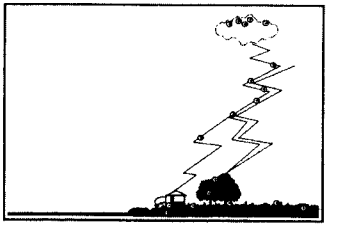
14. «تندفع عندئذ الجسيمات سالبة الشحنة من السحابة إلى الأرض عبر المسار المكون من الومضتين. لا يحدث ضوء لامع جداً.



13. «تلتقي الومضتان الرائدتان عادة على ارتفاع 165 قدماً من الأرض».



16. «إن حركة التيار الصاعدة هذه هي الضربة المرتجعة. وهي تحدث ضوءاً لامعاً يعرفه الناس باسم البرق».



15. «عندما تقترب ضربة البرق الأولى من سطح الأرض تحفز شحنة مضادة وهكذا تندفع الجسيمات موجبة الشحنة من سطح الأرض إلى الأعلى عبر نفس المسار».

تتمة الشكل 2 ـ 2

الشكل 2 ـ 3 أسئلة الحفظ والتطبيق لدرس البرق

اختبار الحفظ

اكتب شرحاً لحدوث البرق

اختبار التطبيق

1 ـ ماذا تفعل للتخفيف من شدة الصواعق؟

2 ـ اذكر سبب عدم حدوث البرق بالرغم من وجود غيوم في السماء

3 ـ ما هي العلاقة بين درجة حرارة الهواء وبين حدوث البرق

4 ـ ما هي أسباب حدوث البرق؟

بشكل عام لا يوجد إلا بضع حالات اختلاف تتم تسويتها كلها بالاجماع. وهكذا يُقيم أداء الحفظ لكل متعلم بنسبة عدد الأفكار الرئيسية التي تذكرها إلى العدد الكلي (وهو ثمانية).

وعلى الرغم من أهمية قياس الحفظ، إلا أن اهتمامي ينصب على قياس التطبيق. إنني لا أريد أن يكون الطلاب قادرين على تذكر المادة المقدمة إليهم فحسب، بل أريد أيضاً أن يكونوا قادرين على استخدام ما تعلموه في حل مشاكل لأوضاع جديدة. لذا لا أتوقف عند قياس المعلومات التي يتذكرها الطلاب ـ إذ أن بحثي ينصب على قياس فهمهم وذلك بتقييم أدائهم في التطبيق.

يتضمن الجزء الأسفل من الشكل 2 ـ 3 بعض أسئلة التطبيق في درس البرق.

السؤال الأول هو سؤال إعادة تصميم، فهو يطلب من المتعلم تعديل النظام لتحقيق هدف معين. أما السؤال الثاني فهو سؤال تحديد أعطال لأنه يطلب منه تشخيص سبب وجود عطل ما في النظام. أما السؤال الثالث فهو سؤال تنبؤ لأنه يطلب منه تحديد دور عنصر معين أو حادثة ما في النظام. أما السؤال الرابع فهو سؤال مفاهيم، لأنه يطلب منه استكشاف قاعدة ضمنية (مثل أن الشحنات المتضادة تتجاذب. أعطي الطالب الأسئلة على ورقة واحداً إثر واحد، وأسمح له بـ 2,5 دقيقة لكتابة أكبر قدر ممكن من الأجوبة المقبولة. وبعد 2,5 دقيقة تُجمع أوراق الإجابات. ويعطى الطلاب أوراق السؤال الثاني وهكذا. ولحساب علامة التطبيق لكل متعلم أحصي عدد الإجابات المقبولة التي كتبها عن جميع أسئلة اختبار التطبيق. ولسهولة تحديد العلامة وضعت مفتاح للإجابات يتضمن كل الإجابات المقبولة لكل سؤال. تتضمن الإجابات المقبولة عن السؤال الأول حول التخفيف من شدة الصواعق: إزالة الجسيمات الموجبة من على سطح الأرض أو وضع جسيمات موجبة بقرب السحابة، وتتضمن الإجابات المقبولة عن السؤال الثاني حول عدم حدوث البرق أن الجزء العلوي من السحابة قد لا يكون فوق مستوى التجمد أو لعدم تشكل بلورات ثلجية. وتتضمن الإجابات المقبولة للسؤال الثالث حول دور درجة الحرارة أن سطح الأرض دافئ والهواء القادم إليه بارد، أو أن

الجزء العلوي من السحابة يقع أعلى من مستوى التجمد والجزء السفلي منها أخفض من مستوى التجمد. وتتضمن الإجابات المقبولة للسؤال الرابع حول أسباب حدوث البرق اختلاف الشحنات الكهربائية داخل السحابة واختلاف حرارة الهواء داخلها. ولا تعتبر الإجابات التي تستند إلى الثقافة العامة للمتعلم كإجابات مقبولة، مثل استخدام مانع الصواعق أو عدم الوقوف تحت شجرة. يحصل الطلاب على علامة الجواب الصحيح حتى إذا عبروا عن الفكرة بلغتهم الخاصة وبغض النظر عن الأسلوب واستخدام الاصطلاح العلمي الصحيح.

وكمثال على ذلك تُعطى العلامة للطالب عن السؤال الرابع إذا كتب «فصل الشحنات الزائدة والناقصة في السحابة» بدلاً من «فصل الجزيئات المشحونة سلبياً وإيجابياً». وكما هي الحال بالنسبة لاختبار الحفظ يقيّم الإجابات شخصان يجهلان نوعية الدرس الذي تلقاه المتعلمون. إن الفروقات نادرة وتتم تسويتها بالاجماع. لقد وضعنا 12 جواباً مقبولاً للأسئلة الأربعة جميعاً. وهكذا يقيّم أداء التطبيق لكل متعلم بنسبة عدد الإجابات الصحيحة إلى العدد الإجمالي وهو 12 إجابة صحيحة.

كيف تعمل المكابح (الفرامل)

بعد أن درسنا نظاماً فيزيائياً حول تشكل البرق لننتقل إلى دراسة نظام ميكانيكي وهو نظام عمل مكابح السيارة. لنفترض

أن مكابح سيارتك بحاجة إلى صيانة وأنك تبحث عن نبذة حول المكابح في الموسوعة. حيث تجد شرحاً لعمل مكبح الكابل في الدراجة العادية وطريقة عمل المكابح الهيدروليكية في السيارات وطريقة عمل المكابح الهوائية في الشاحنات. وفيما يلي النص الخاص بالمكابح الهيدروليكية :

تستخدم المكابح الهيدروليكية أنواعاً مختلفة من السوائل بدلاً عن الأذرع والكابلات. وفي السيارات يوجد سائل المكبح ضمن حجيرات تدعى الاسطوانات. وهناك أنابيب تصل بين الأسطوانة الرئيسية والاسطوانات العجلية الواقعة بالقرب من العجلات.

وعندما يضغط السائق بقدمه على دواسة المكبح يتحرك مكبس إلى الأمام داخل الاسطوانة الرئيسية. يدفع المكبس سائل المكبح إلى خارج الاسطوانة الرئيسية وعبر الأنابيب إلى الاسطوانات العجلية. يؤدي ازدياد ضغط السائل في الاسطوانات العجلية إلى تحرك مجموعة من المكابس الأصغر. وهذه المكابح الأصغر تحرك المكابح الطبلية أو المكابح القرصية، وهذان هما نوعا المكابح الهيدروليكية. تستخدم معظم السيارات مكابح طبلية على العجلات الخلفية ومكابح قرصية على العجلات الأمامية. يتألف المكبح الطبلي من طبل مصنوع من حديد الزّهر ونعلي مكبح شبه دائريين. هذا الطبل مثبت بمسامير لولبية على مركز العجلة من الداخل ويدور مع العجلة لكن النعلين لا يدوران معها. وهذان النعلان مغلفان بمادة الاسبستوس (الحرير الصخري) أو أي مادة أخرى قادرة على تحمل الحرارة المولدة من الاحتكاك، وعندما

يضغط نعلا المكبح على الطبلة تتوقف الطبلة والعجلة كلتاهما أو تقللان من سرعتهما.

لقد وضعت خطوطاً في المقطع أعلاه لأوضح الكلمات التي تشرح عمل المكابح الطبلية وهذه الخطوط غير موجودة في النص الأصلي.

هل تعلمت الكثير من هذا الدرس؟ هل هو مفهوم بالنسبة إليك؟ فلنعترف أن الشرح الرئيسي لطريقة عمل المكابح الطبلية هو ما ورد في هذا المقطع وبالتحديد في الكلمات التي وضعت تحتها خطوطاً. وإذا كنت مثل معظم طلابنا الذين قرأوا هذا المقطع فإنك ستتذكر أقل من 20 ٪ مما ورد تحته خط، ولن تتمكن من الإجابة على أسئلة التطبيق. ومن الواضح أن الناس يجدون صعوبة في فهم وتعلم الدروس المشروحة بالكلمات فقط.

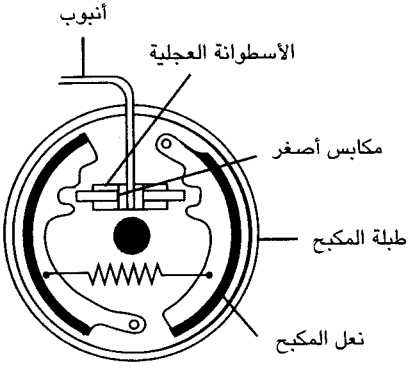
والآن لنكمل الكلمات ببعض الرسومات. يمثل الشكل 2 ـ 4 جزءاً من المقطع الخاص بالمكابح باستخدام الكلمات والرسومات التي توضح طريقة عملها.

يتضمن الشكل رسمين يمثلان نظام المكابح: أحدهما قبل أن يضع السائق قدمه على دواسة المكبح والآخر بعد أن يضغط عليها. زودنا الرسومات بشروح توضيحية من 75 كلمة تقريباً

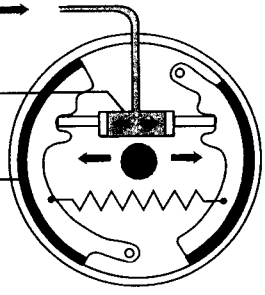
أُخذت من المقطع الذي قرأتموه حول المكابح، مع الإشارة إلى الأجزاء الرئيسية (مثل الانبوب ـ الاسطوانة العجلية ـ المكابس الأصغر ـ الطبلة ـ نعل المكبح) ووصف موجز لكل خطوة رئيسية كما وردت في المقطع (مثل «تتحرك مجموعة من المكابس الأصغر»). توضع الرسوم المشروحة قرب الفقرة المعنية من المقطع أي توضع الرسوم المشروحة حول مكابح السيارة قرب الفقرة التي تتحدث عن هذا الموضوع.

ويعتبر ما ورد أعلاه درس متعدد الوسائط ـ في كتاب ـ لأن الكلمات وردت في النص المطبوع ووردت الصور في الرسومات. وأشير إلى الدرس الوارد في الشكل 2 ـ 4 بعبارة «رسومات مشروحة» لأن الكلمات والرسوم منسقة ومرتبة بحيث يرد الشرح اللفظي للحادثة مثل «تتحرك مجموعة من المكابس الأصغر» إلى جانب التمثيل البصري لمكابس أصغر تتحرك نحو الخارج.

والآن لنحول الدرس متعدد الوسائط حول المكابح إلى درس حاسوبي يتألف من سرد ورسوم متحركة. يمثل الشكل 2 ـ 5 صوراً منتقاة من رسوم متحركة مع السرد تشرح طريقة عمل مكابح السيارة، و يسمع السرد ـ وهو بصوت رجل ـ متزامناً مع الصور المتحركة، وهكذا عندما تمثل الصور المتحركة حادثة ما (مثل تحرك المكبس إلى الأمام في الاسطوانة الرئيسية) يُسمع صوت يصف الحادثة قائلاً: «يتحرك المكبس



1. عندما يضغط السائق بقدمه على دواسة المكابح...
2. يتحرك المكبس إلى الأمام داخل الأسطوانة الرئيسية (غير واردة في الرسم).
3. يدفع المكبس السائل إلى خارج الأسطوانة الرئيسية وعبر الأنبوب إلى الاسطوانة العجلية.
4. تؤدي زيادة ضغط السائل في الاسطوانات العجلية إلى تحرك مجموعة من المكابس الأصغر.
5. عندما يضغط نعلا المكبح على الطبلة تتوقف كل من الطبلة والعجلة أو تبطئان.

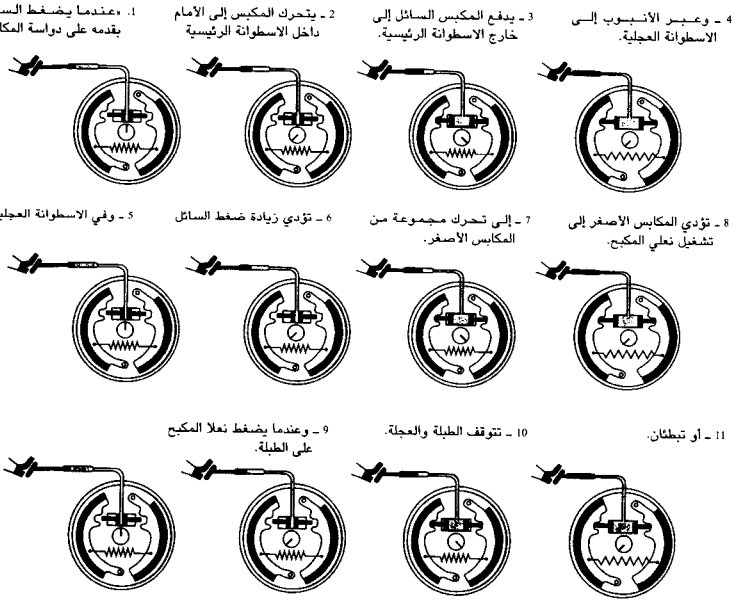


الشكل 2 ـ 4: رسومات مشروحة لدرس المكابح ـ في كتاب (من الشكل 1 في كتاب ماير 1989. حقوق الطبع 1989 للجمعية الأميركية لعلم النفس. أعيدت الطباعة بموافقتها).

إلى الأمام في الاسطوانة الرئيسية». يستغرق العرض حوالي 30 ثانية ويركز على الخطوات الرئيسية فقط. تعتمد الصور المتحركة على الرسوم الواردة في الشكل 2 ـ 4. ويعتمد السرد

على الجزء الذي تحته خط في المقطع السابق بعد تعديله قليلاً بحيث يتألف من 75 كلمة تقريباً. وكما ترون تركز الصور المتحركة مع السرد على أنظمة المكابح في السيارات فقط بعكس الرسومات المشروحة التي تركز على عدة أنواع من أنظمة المكابح.

كيف يمكننا قياس ما تعلمه الانسان من درسي الوسائط المتعددة حول المكابح المقدمين في الشكل 2 ـ 4 والشكل 2 ـ 5.



الشكل 2 ـ 5: صور من درس بالحاسوب يتضمن سرداً وصوراً متحركة حول المكابح (من الشكل 2 في كتاب ماير وأندرسون Mayer & Anderson 1992، **حقوق الطبع** 1992 **للجمعية الأمريكية لعلم النفس. أعيدت الطباعة بموافقتها**).

في دروس البرق استطعنا قياس درجة الحفظ ـ أي مقدار ما تذكره المتعلم، ودرجة التطبيق ـ أي تطبيق الدرس في حل مشاكل جديدة. وعلى سبيل المثال يتضمن الجزء العلوي من الشكل 2 ـ 6 اختبار حفظ بسيط يطلب من المتعلمين شرح طريقة عمل مكابح السيارة. وأسمح للطلاب بخمس إلى ثماني دقائق للإجابة خطياً عن اختبار الحفظ ـ وهذا يتوقف على طول المقطع.

الشكل 2 ـ 6 أسئلة الحفظ والتطبيق لدرس المكابح

اختبار الحفظ:

1 ـ اكتب شرحاً لعمل نظام المكابح، متظاهراً بأنك تكتب هذا الشرح لشخص لا يعرف الكثير عن المكابح (يستخدم في حالة الحاسوب).

2 ـ اكتب كل ما تستطيع تذكره من المقطع الذي قرأته للتو، متظاهراً بأنك تكتب موسوعة للمبتدئين (يستخدم في حالة الكتاب).

اختبار التطبيق:

1 ـ لماذا ترتفع درجة حرارة المكابح؟

2 ـ كيف يمكن زيادة وثوقية المكابح؟ أي للتأكد من أنها لن تتعطل

3 ـ كيف يمكن زيادة فعالية المكابح؟ أي تقليل المسافة اللازمة لتوقف السيارة.

4 ـ افترض أنك ضغطت على دواسة المكابح في سيارتك ولكن المكابح لم تعمل، ما الذي حدث مسبباً العطل؟

5 ـ ما الذي يحدث عندما تقوم بضخ المكابح (أي عندما تضغط على الدواسة وتتركها تكراراً وبسرعة ؟)

ولقياس الحفظ أركز على الأفكار الرئيسية الواردة في الجزء الذي يشرح طريقة عمل المكابح من النص أي الأسطر التي تحتها خط في المقطع. وعلى سبيل المثال أبين فيما يلي

بعض الخطوات الأساسية لشرح نظام عمل المكابح في السيارة (وأدعوها بـ«الأفكار الرئيسية»).

1 ـ يضغط السائق بقدمه على دواسة المكبح

2 ـ يتحرك المكبس إلى الأمام داخل الاسطوانة الرئيسية

3 ـ يدفع المكبس السائل إلى الاسطوانة العجلية

4 ـ يزداد ضغط السائل في الاسطوانات العجلية

5 ـ تتحرك المكابس الأصغر

6 ـ تقوم المكابس الأصغر بتحريك إما طبلة المكبح أو قرص المكبح

7 ـ يضغط نعلا المكبح على الطبلة

8 ـ تتوقف الطبلة والعجلة أو تبطئان

وليس من الضروري أن تكون إجابة المتعلم مطابقة حرفياً للخطوات أعلاه كي ينال علامة السؤال. فإذا كتب المتعلم مثلاً: «يدفع النعلان الطبلة» فسيحصل على علامة عن الفكرة رقم 7. وأحسب العلامة بنسبة عدد إجابات المتعلم الصحيحة إلى عدد الأفكار الرئيسية الصحيحة في المادة المعروضة.

يركز بحثنا على تعزيز التطبيق الهادف إلى حل المشاكل. ويتضمن الجزء الأسفل من الشكل 2 ـ 6 بعض أسئلة التطبيق

التي تهدف إلى تقييم فهم المتعلم لطريقة عمل المكابح. فالسؤال الأول هو سؤال مفاهيم يتطلب من المتعلم استشكاف قاعدة ضمنية (مثل فكرة الاحتكاك). أما السؤالان الثاني والثالث فهما إعادة تصميم يطلب فيهما من المتعلم تعديل النظام لتحقيق غاية ما. أما السؤال الرابع فهو سؤال تحديد أعطال يتطلب من المتعلم تشخيص سبب تعطل النظام، أما السؤال الخامس فهو سؤال تنبؤ يتطلب من المتعلم معرفة ما الذي يحدث في النظام في حالة معينة. وكما في درس البرق فإنني أمنح المتعلم 2,5 دقيقة لكتابة أكبر عدد من الإجابات الممكنة لكل سؤال. ويجيب المتعلم على كل سؤال على حدة ولا يمكنه العودة إلى إجابته على سؤال سابق.

أضع لكل سؤال قائمة بالإجابات المقبولة. وعلى سبيل المثال تتضمن الإجابات المقبولة عن الأسئلة الخمسة ما يلي: للسؤال رقم 1: ترتفع حرارة المكابح بسبب الاحتكاك. وللسؤال رقم 2: يمكن زيادة وثوقية المكابح بإضافة نظام دعم إضافي أو آلية تبريد. وللسؤال رقم 3: يمكن زيادة فعالية المكابح باستخدام نعل مكبح أكثر حساسية للاحتكاك أو بترك مسافة أقل بين نعل المكبح وبين وسادة المكبح. وللسؤال رقم 4: تتعطل المكابح بسبب حدوث تسرب في الانبوب أو بسبب التصاق المكبس وتوقفه في الاسطوانة الرئيسية وللسؤال رقم 5: إن ضغط الدواسة تكراراً يقلل احتمال السخونة ويخفض إهتراء

الطبلة في مكان واحد. ولا نعتبر الإجابات التي تعتمد على الثقافة العامة كإجابات مقبولة مثل: أنه ينبغي استبدال نعلي المكبح بانتظام. أعطي المتعلم علامة واحدة لكل جواب مقبول عن الأسئلة الخمسة، مستخدماً نفس الإجراء الوارد في درس البرق. يبلغ مجموع الإجابات المقبولة 14 جواباً عن الأسئلة الخمسة. وهكذا أعبر عن أداء التطبيق لدى المتعلم بنسبة عدد إجاباته المقبولة إلى العدد الإجمالي وهو 14 جواباً مقبولاً.

كيف تعمل المضخة؟

وكمثال ثالث على الرسائل التعليمية لننظر في نص يشرح كيفية عمل المضخات. يشرح النص عمل عدة أنواع من المضخات بما فيها المقطع التالي الذي يشرح طريقة عمل مضخة إطار الدراجة :

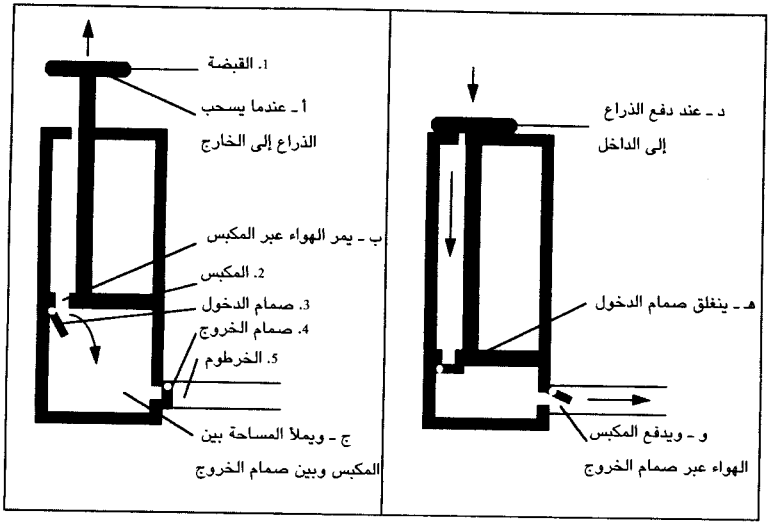
تختلف مضخات إطارات الدراجات من حيث عدد وموقع الصمامات التي تستخدم فيها ومن حيث طريقة دخول الهواء إلى الاسطوانة. في مضخة العجلة البسيطة يكون صمام الدخول مركباً في المكبس وصمام الخروج عند الطرف المغلق من الاسطوانة. يوجد في المضخة مكبس يتحرك إلى الأعلى والأسفل. يدخل الهواء المضخة بالقرب من النقطة حيث تمر ذراع التوصيل خلال الاسطوانة. وعند سحب الذراع إلى الأعلى يمر الهواء من خلال المكبس ويملأ المساحة بين المكبس وصمام الخروج. وعندما

يُدفع الذراع إلى الأسفل ينغلق صمام الدخول ويدفع المكبس الهواء إلى الخارج عبر صمام الخروج.

تبدو هذه الفقرة وكأنها تقدم كثيراً من المعلومات الهامة بطريقة واضحة. وأود أن أشير إلى أنني وضعت خطاً تحت الجزء الذي يشرح خطوات عمل مضخة إطار الدراجة، ولا يكون هذا الخط موجوداً عندما نستخدم هذا المقطع لأغراض البحث. وعلى الرغم من قراءة هذه الفقرة بدقة لعلك لم تتعلم الكثير عن طريقة عمل المضخات. ففي البحث الذي نجريه تذكر الطلاب أقل من 25٪ من الأفكار الرئيسية التي حوتها هذه الفقرة، أي الجزء الذي تحته خط منها، والأسوأ من ذلك أن الطلاب الذين قرأوا الفقرة لا يبلون بلاءً حسناً في اختبارات التطبيق حين يطلب منهم استخدام المادة المعروضة في حل مشاكل جديدة. والحقيقة أنهم يعجزون عموماً عن استنباط إجابات أكثر من الطلاب الذين لم يقرأوا الفقرة أصلاً.

وهذه النتائج ـ مثل المقطعين السابقين حول البرق والمكابح ـ دفعتنا للبحث عن وسيلة أفضل لمساعدة المتعلمين على فهم طريقة عمل المضخة. وقادنا البحث إلى ما هو أكثر من الكلمات وهي الصور. والآن انظر إلى الدرس متعدد الوسائط في كتاب حول المضخات المبين في الشكل 2 ـ 7

الذي يستخدم النص المطبوع والرسومات لشرح طريقة عمل المضخات.



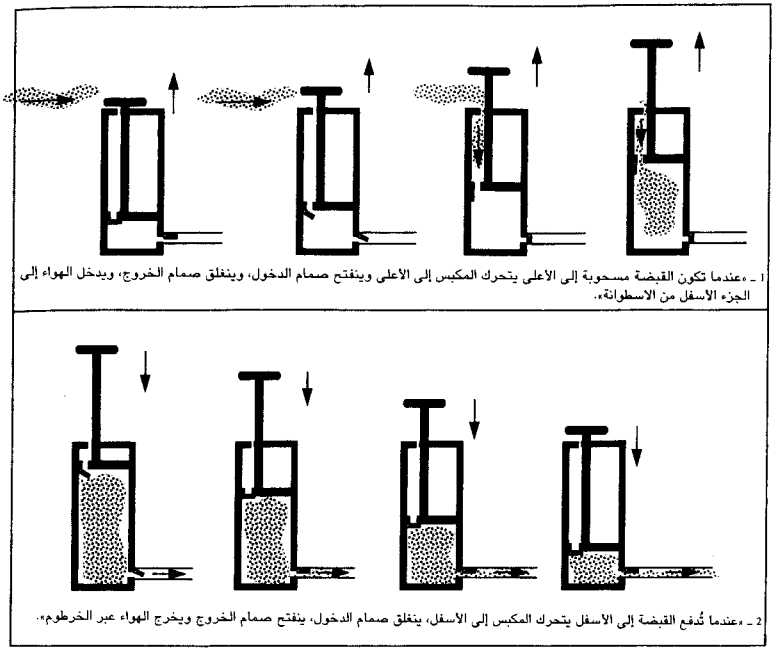
الشكل 2 ـ 7 رسومات مشروحة لدرس حول المضخات في كتاب (من الشكل 2 في كتاب ماير وجاليني. Mayer & Gallini 1990 حقوق الطبع 1990 للجمعية الأميركية لعلم النفس. أعيدت الطباعة بموافقتها).

إنني أشير إلى هذا الدرس بـ«رسومات مشروحة» لأنه يتكون من كلمات تصف خطوات عمل المضخة وصور تمثل هذه الخطوات. الكلمات هي جمل قصيرة تصف الحدث مثل: «ينغلق صمام الدخول» والصور البسيطة تمثل المضخة في أوضاع متعددة خاصة في وضعيتين: القبضة إلى الأعلى والقبضة إلى الأسفل. ومن الضروري تنسيق الكلمات والصور بحيث يرد

الوصف اللفظي للحدث (مثل «ينغلق صمام الدخول») إلى جانب الصورة التي تمثل إنغلاق صمام الدخول. كما توضع كل مجموعة من الصور المشروحة إلى جانب الفقرة المعنية. أي أن الشكل 2 ـ 7 ينبغي أن يرد قرب المقطع الذي قرأتموه للتو حول مضخات إطارات الدراجات. وكما تلاحظون فإن الكلمات الواردة في الرسوم المشروحة قد أخذت من المقطع نفسه (أي ما تحته خط من المقطع).

وبشكل مشابه يحتوي الشكل 2 ـ 8 على صور من درس متعدد الوسائط بالحاسوب يستخدم الرسوم المتحركة والسرد لشرح طريقة عمل المضخات. وأشير إلى هذا الدرس باسم «رسوم متحركة مع السرد» لأنه يتضمن رسومات متحركة تمثل خطوات عمل المضخة وسرداً بصوت رجل يشرح هذه الخطوات. ويتم تنسيق الكلمات والصور بحيث تعرض الصور مثلاً فتح صمام الدخول وبنفس الوقت يسمع صوت الرجل يقول: «ينفتح صمام الدخول».

وكما تلاحظون، تم تعديل السرد قليلاً عما ورد في الرسومات المشروحة، وذلك لتضمينه وصفاً أوفى لخطوات عمل مضخة إطارات الدراجات، إنما بدون تفاصيل لا ضرورة لها وبدون ذكر أنواع أخرى من المضخات. كما أن الرسوم بسيطة تمثل فقط ما ورد في السرد المكون من حوالي 50 كلمة. يستغرق العرض كاملاً حوالي 30 ثانية.



الشكل 2 ـ 8 صور من رسوم متحركة لدرس بالحاسوب حول المضخات (من الشكل 1 في كتاب ماير وأندرسون Mayer & Anderson 1991، حقوق الطبع 1991 للجمعية الأميركية لعلم النفس، أعيدت الطباعة بموافقتها).

ولقياس التعلم استخدمت اختبارات الحفظ والتطبيق كما ورد بالنسبة لدرسي البرق والمكابح. يحتوي الجزء العلوي من الشكل 2 ـ 9 سؤالين لاختبار الحفظ يطلب فيهما من المتعلمين كتابة كل ما يستطيعون تذكره حول طريقة عمل المضخة. بالنسبة إلى الرسومات المتحركة مع السرد (التي تحتوي على معلومات خاصة بنوع واحد من المضخات) يسمح للمتعلمين

بخمس دقائق لكتابة الإجابة، ويسمح لهم بعشر دقائق بالنسبة للرسومات المشروحة (التي تحتوي على معلومات خاصة بثلاثة أنواع من المضخات). وبالنسبة للرسوم المتحركة مع السرد أركز على عدد النقاط (الأفكار الرئيسية) التي كتبها المتعلم.

الشكل 2 ـ 9 أسئلة الحفظ والتطبيق لدرس المضخات

اختبار الحفظ

1 ـ اكتب شرحاً لطريقة عمل مضخة إطارات الدراجة، متظاهراً بأنك تكتبه لشخص لا يعرف الكثير عن المضخات (بالنسبة لدرس الحاسوب).

2 ـ اكتب كل ما تستطيع تذكره من المقطع الذي قرأته للتو، متظاهراً بأنك تكتب موسوعة للمبتدئين (بالنسبة لدرس في كتاب)

اختبار التطبيق

1 ـ ما الذي يمكن عمله لزيادة وثوقية المضخة ـ أي لضمان عدم حصول عطل فيها؟

2 ـ ما الذي يمكن عمله لزيادة فعالية المضخة ـ أي لجعلها تضخ المزيد من الهواء بسرعة أكبر؟

3 ـ لنفترض أنك سحبت قبضة المضخة ودفعتها عدة مرات ولم يخرج منها أي هواء، برأيك ما العطل الذي حدث؟

4 ـ لماذا يدخل الهواء إلى المضخة؟ لماذا يخرج الهواء من المضخة؟

1 ـ تسحب القبضة إلى الأعلى

2 ـ يتحرك المكبس إلى الأعلى

3 ـ ينفتح صمام الدخول

4 ـ ينغلق صمام الخروج

5 ـ يدخل الهواء إلى الاسطوانة

6 ـ تدفع القبضة إلى الأسفل

7 ـ يتحرك المكبس إلى الأسفل

8 ـ ينغلق صمام الدخول

9 ـ ينفتح صمام الخروج

10 ـ يخرج الهواء عن طريق الخرطوم

بالنسبة للرسومات المشروحة اتبع خطوات مشابهة تعتمد على الخطوات الواردة في الشرح. . . وكما ورد بالنسبة لحساب العلامة في درسي البرق والمكابح فإنني أحسب علامة الحفظ بنسبة عدد الأفكار الرئيسية التي تذكرها المتعلم إلى العدد الإجمالي لها.

يتضمن الجزء الأسفل من الشكل 2 ـ 9 بعض أسئلة التطبيق. يطلب السؤالان الأول والثاني من المتعلم إعادة تصميم النظام لتحقيق غاية معينة. يطلب السؤال الثالث من المتعلم تحديد عطل في النظام. ويطلب السؤال الأخير من المتعلم استكشاف قاعدة ضمنية (أي أن الهواء يتحرك من منطقة الضغط المرتفع إلى منطقة الضغط المنخفض). أما الإجابات المقبولة عن السؤال الأول حول الوثوقية فهي مثلاً استخدام صمامات محكمة تمنع تسرب الهواء واستخدام نظام دعم إضافي. أما الإجابات المقبولة عن السؤال الثاني حول الفعالية فهي مثلاً: زيادة حجم الاسطوانة أو السحب بقوة أكثر. أما الإجابات

المقبولة عن سؤال تحديد الأعطال فهي مثلاً: وجود ثقب في الاسطوانة أو كون الصمام عالق بوضع واحد. أما الإجابات المقبولة عن السؤال الأخير فهي أن الفراغ هو سبب دخول الهواء والضغط هو سبب خروجه. ولا أعطي علامة عن الإجابات التي تعتمد على الثقافة العامة مثل تحسين الوثوقية باستخدام قطع عالية الجودة، أو الإجابات الغامضة مثل أن المضخة لا تعمل بسبب «عطل ما في الصمامات». ويبلغ عدد الإجابات المقبولة لكل أسئلة التطبيق بحسب مفتاح الإجابات الذي وضعناه 10 إجابات. وهكذا أحسب علامة كل متعلم بنسبة إجاباته الصحيحة إلى العدد الإجمالي وهو 10. وأطبق في اختباري الحفظ والتطبيق نفس إجراءات التقييم كما في درسي البرق والمكابح.

خاتمة

ركز بحثنا بشكل رئيسي على الرسائل التعليمية حول البرق والمكابح والمضخات. وقد تختلف تفاصيل المواد التعليمية والاختبارات و الإجراءات من دراسة إلى أخرى. وقمنا أيضاً ـ مستخدمين نفس الإجراءات الرئيسية الواردة في دروس البرق والمكابح والمضخات ـ بدراسة رسائل تعليمية أخرى، مثل شرح بالحاسوب لطريقة عمل نظام بيولوجي ـ وهو جهاز التنفس عند الانسان، وشرح في كتاب حول طريقة عمل نظام ميكانيكي وهو المولد الكهربائي. يتألف درس جهاز التنفس من صور

متحركة مع سرد لمدة 45 ثانية، يشرح خطوات استنشاق الهواء إلى داخل الرئتين وتبادل الاوكسجين مع ثاني أوكسيد الفحم بين الرئتين والدم، ثم زفر الهواء إلى خارج الرئتين. أما سؤال التطبيق التقليدي فهو: «افترض أنك عالم تسعى لتحسين جهاز التنفس لدى الانسان، فكيف يمكنك إدخال المزيد من الاوكسجين وبسرعة أكبر إلى مجرى الدم؟». ويتألف درس المولد الكهربائي من مقطع ذي 2000 كلمة حول أنواع مختلفة من المولدات الكهربائية مع مجموعات من الرسوم المشروحة موضوعة بالقرب من المقاطع الموافقة لها.

ما هو العنصر المشترك بين جميع هذه الرسائل التعليمية متعددة الوسائط: حول البرق والمكابح والمضخات والرئتين والمولدات؟ أولاً: أن كلاً منها هي رسالة أي طريقة تواصل مع متعلم. وإنني أركز وبشكل خاص على نوع محدد من التواصل، وهو شرح طريقة عمل نظام فيزيائي أو ميكانيكي أو بيولوجي. إن كلاً من هذه الشروحات يتخذ شكل سلسلة السبب والنتيجة، حيث يؤدي أي تغيير في جزء ما من النظام إلى حدوث تغيير في جزء آخر منه وهكذا دواليك. إنني أركز على هذه الشروحات ـ السبب والنتيجة ـ لأنها تشكل القلب النابض لكثير من الشروحات التعليمية في مختلف المواضيع من العلوم إلى التاريخ. ثانياً: أن كلاً منها تتصف بالصفة التعليمية أي أن هدف التواصل هو تعزيز التعلم. إنني أقيس التعلم

بواسطة اختبارات الحفظ ـ أي القدرة على تذكر الخطوات المشروحة، واختبارات التطبيق ـ أي القدرة على استخدام الشروحات في حل مشاكل جديدة. وأركز على التطبيق لأنني مهتم جداً بتعزيز فهم المتعلم للرسالة التعليمية. ثالثاً: أن كلاً منها تستخدم الوسائط المتعددة لأن التواصل يتم باستخدام الكلمات والصور معاً. ففي الشروحات ـ في كتاب ـ تكون الكلمات هي النص المطبوع والصور هي الرسومات. وفي الشروحات الحاسوبية تكون الكلمات هي السرد والصور هي الرسوم المتحركة. وأركز على الرسائل التي تنسق بين الكلمات والصور، لأن جل اهتمامي ينصب على اكتشاف طرق مثمرة لإضافة الصور إلى الكلمات ـ وهو توجه ينجم عن رغبتي باستغلال الإمكانيات الواعدة لطرق التعلم البصرية.

كتب مقترحة للمطالعة:

كيف تتشكل العواصف البرقية

*Mayer, R. E. Bove, W, Bryman, A, Mars, R,. & Tapangco, L. (1996). When less is more: Meaningful learning from visual and verbal summaries of science textbook lessons. Journal of Educational Psychology, 88, 64-73.

*Levin. J. R. , & Mayer, R, E. (1993). Understanding illustrations in text. In. B. K. Britton, A. Woodward, & M, Binkley (Eds) Learning from textbooks (pp, 95-113). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

*Mayer, R. E. &Moreno, R (1998). A split-attention effect in multimedia learning :Evidence for dual processing systems

in working memory. Journal of Educational Psychology, 90, 312-320.

كيف تعمل المكابح

*Mayer, R. E. (1989). Systematic thinking fostered by illustrations in scientific text. Journal of Educational Psychology, 81, 240-246.

*Mayer, R. E. & Anderson, R. B. (1992). The instructive animation: Helping students build connections between words and pictures in multimedia learning. Journal of Educational Psychology, 84, 444-452.

كيف تعمل المضخات

*Mayer, R. E. & Anderson. R. B (1991). Animations need narrations: An experimental test of a dual -coding hypothesis. Journal of Educational Psychology, 83, 484-490.

*Mayer. R. E. & Gallini, J. K. (1990). When is an illustration worth ten thousand words? Journal of Educational Psychology, 82, 715-726.

تشير النجمة * إلى أن جزءاً من هذا الفصل يستند إلى هذه المطبوعة.