إجابات الاستقصاءات العملية

أهداف التعلم
في هذه الوحدة سيكمل الطلبة الاستقصاءات العملية حول: • ٢-١ حساب الكتلة الذرية النسبية للماغنيسيوم باستخدام الحجوم المولية • ٢-٢ النسبة المئوية لتركيب مخلوط من كربونات الصوديوم الهيدروجينية وكلوريد الصوديوم.

الأهداف التعليمية

٢-٤ يجري العمليات الحسابية مُستخدمًا مفهوم المول الذي يتضمّن حجوم الغازات.

استقصاء عملي ٢-١: حساب الكتلة الذرّية النسبية للماغنيسيوم باستخدام الحجوم المولية

في هذا الاستقصاء، سيقيس الطلبة حجوم غاز الهيدروجين الناتج عندما تتفاعل أطوال مختلفة من شريط ماغنيسيوم مع حمض الهيدروكلوريك بتركيز 2 mol/L.

المعلم الإلكتروني الشامل

المدة

لإكمال هذا الاستقصاء ينبغي أن يستغرق نحو حصتَين مدة كل منهما ٤٠ دقيقة.

التحضير للاستقصاء

من المستحسن أن يكون الطلبة قد اكتسبوا مفهومَي المولات والأحجام المولية. في ما يلي المعادلات الأساسية المهمة:

$$A_r = \frac{\text{الكتلة (m)}}{\text{عدد المولات (n)}}$$

$$n = \frac{\text{حجم الغاز (V) (mL)}}{24000}$$ و

ستحتاج إلى:

المواد والأدوات	
• جهاز لجمع الغاز وقياسه	• قفازات بلاستيكية
• ورق صنفرة	• مقصّ
• شريط واحد من الماغنيسيوم بطول 10 cm	• ميزان إلكتروني بدقة لا تقلّ عن منزلتَين عشريّتَين
• مسطرة 30 cm	• حمض الهيدروكلوريك بتركيز 2 mol/L

المواد والأدوات البديلة

من بين مجموعتَي الأجهزة المقترحتَين، المجموعة الأسهل للإعداد هي المجموعة التي تستخدم المحقن الزجاجي للغاز. ومع ذلك، في حال عدم توافر محاقن الغاز، فإن عملية إزاحة الماء في مخبار مدرّج تكفي لتحقيق الغاية.

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- تأكّد من قراءة النصائح الواردة في قسم السلامة في بداية هذا الكتاب.
- ارتدِ نظّارات واقية للعينَين في جميع الأوقات.
- يُعدّ الماغنيسيوم سريع الاشتعال.
- يُعدّ الهيدروجين غازًا قابلً للاشتعال.
- يُعدّ حمض الهيدروكلوريك بتركيز 2 mol/L مادة مهيّجة.
- يتناثر ورق الصنفرة أحيانًا، لذا ارتدِ القفازات في حال كانت بشرتك حسّاسة.
- إذا كنت تستخدم مخبارًا مدرّجًا زجاجيًّا لتجميع الغاز، أو محقنًا زجاجيًّا للغاز، فاحذر عند تثبيتهما، لأن الشدّ المفرط قد يؤدي إلى تحطّم الزجاج.

توجيهات حول الاستقصاء

- الهدف من وزن أطوال 10 cm من شريط الماغنيسيوم هو القراءة الصحيحة على الميزان الإلكتروني الذي يعطيه هذا الطول، خصوصًا إذا كان الميزان يقرأ حتى منزلتَين عشريتَين فقط. ثم تُحسب كتل الأطوال الأقصر باستخدام المعادلة الآتية:

$$\text{الكتلة} = \frac{\text{الطول}}{10} \times \text{كتلة الشريط بطول } 10\text{ cm}$$

- يرجى ملاحظة أنه إذا كان الطلبة يقيسون حجم الغاز من طريق إزاحة الماء، فإن المشكلة الأولى التي يجب تجاوزها هي التأكد من أن المخبار المدرّج ممتلئ بالماء عند وضعه في الحوض الصغير، ويكاد لا يتسرب منه شيء. يتحقق ذلك إذا أمسك الطلبة المخبار المدرّج وأغلقوا طرفه المفتوح بأيديهم أو وضعوا عليه قطعة من غلاف بلاستيكي، ثم قلبوه رأسًا على عقب عند وضعه في الحوض الصغير. ولا شكّ أن إزالة الغشاء قبل البدء بالقياس الفعلي أمر ضروري. كما يمكن لأنبوبة غليان أن تفي تمامًا بالغرض كوعاء تفاعل شبيه الدورق المخروطي.
- تكمن المشكلة الرئيسية في هذه العملية في نقاء شريط الماغنيسيوم. فإذا توافر شريط جديد، فلا حاجة إلى تنظيفه؛ أمّا إذا كان مؤكسدًا، فستحتاج إلى تنظيفه. تستطيع القيام بذلك بوساطة ورق صنفرة، بحيث تمسك الشريط بورقة صنفرة ثم تسحبه بين طياتها مرة واحدة، لأن تكرار المحاولة سيؤدي إلى حدوث اختلاف في سماكة الشريط وعدم دقة عند تقدير كتل الأطوال الفردية.
- يشكل تقويم الطريقة العملية دائمًا صعوبات للمتعلمين، لذلك سيحتاجون إلى المساعدة عند تقدير النسبة المئوية للخطأ بسبب استخدام أجهزة مختلفة.
- قبل إجراء التجربة العملية، يقدّم المعلّم للطلبة عرضًا توضيحيًا قصيرًا عن حجوم الغاز التي سيتعاملون معها، وقد يقوم بذلك أحد المتمكّنين من الطلبة أنفسهم. يُعدّ هذا الأمر اختبارًا تجريبيًا لهم؛ فإذا تمّ إيجاد حجم الغاز لشريط طوله 1 cm يكون الطلبة قادرين على تقدير الحجوم للأطوال الأخرى وتعديل اختيارهم للمخبار المدرّج، إذا تم استخدامه كما يجب.
- أمّا إذا كان الطلبة يقيسون حجم الغاز من طريق إزاحة الماء، فيمكنهم وضع درجات وفقًا للمخبار المدرّج الذي يستخدمونه، والذي يكون أكثر دقة في هذا المجال.
- بإمكان الطلبة تحليل نتائجهم بوساطة Microsoft Excel أو أي تطبيق مشابه لمعالجة البيانات.

النتائج

كتلة شريط الماغنيسيوم بطول 10 cm = 0.160 g

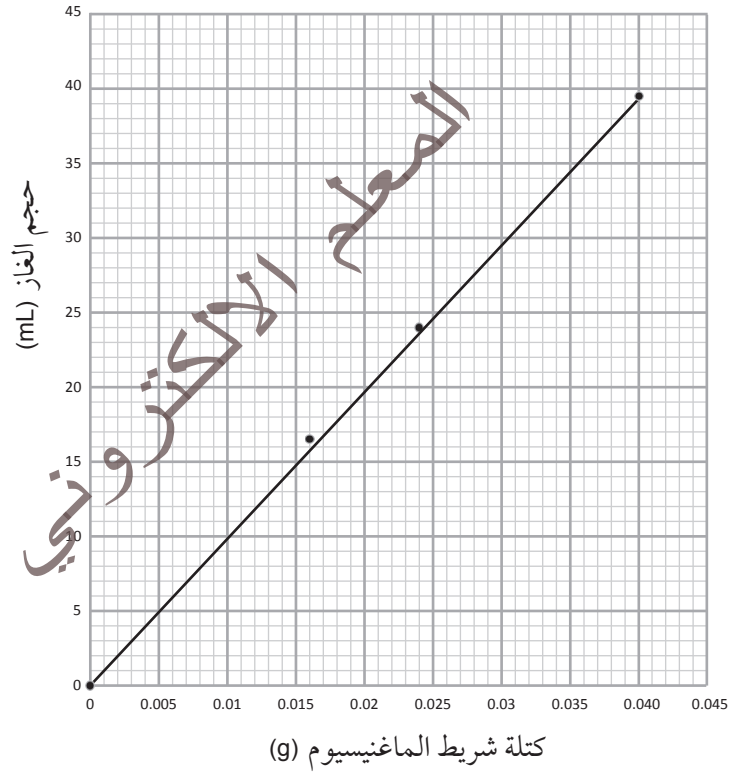
المعلمة الإلكتروني الشامل

يوضح الجدول أدناه نتائج مجموعة واحدة من القياسات.

طول الشريط (cm)	كتلة الشريط (g)	حجم الغاز الناتج (mL)		
		التجربة ١	التجربة ٢	متوسط التجربتَين
1.00	0.016	16	17	16.5
1.50	0.024	23	25	24.0
2.5	0.040	39	40	39.5

إجابات أسئلة كتاب التجارب العملية والأنشطة (باستخدام النتائج)

١.



المعلم الإلكتروني الشامل

٢. باستخدام التمثيل البياني الموجود في الجزء ١ : ينتج 24 mL من الهيدروجين عندما يتفاعل 0.0245 g من الماغنيسيوم.

٣. أ. عدد مولات الماغنيسيوم = عدد مولات الهيدروجين (H_2) = $\frac{24}{24000}$ = 0.001 mol

ب. لذلك، فإن كتلة 1 mol من الماغنيسيوم =

$$\frac{m}{n} = \frac{0.0245}{0.001} = 24.5 \text{ g/mol}$$

٤. النسبة المئوية للخطأ =

$$\frac{|\text{القيمة الفعلية} - \text{القيمة التجريبية}|}{\text{القيمة الفعلية}} \times 100\% =$$

$$\frac{|24.5 - 24.3|}{24.3} \times 100\% = 0.823\%$$

في هذه التجربة، تأتي الأخطاء المنهجية من الميزان الإلكتروني، والمسطرة، والمخبار المدرّج (المحقن الزجاجي للغاز).

٥. الحدّ الأقصى للخطأ الناتج من الميزان الإلكتروني:

إذا كان الميزان الإلكتروني يقرأ حتى 0.01 g، فيمكن تقدير الخطأ الأقصى بـ 0.005 g ±. وإذا اعتبرنا أن شريط الماغنيسيوم الذي طوله 10 cm سوف يزن 0.15 g فإن النسبة المئوية للخطأ =

$$2 \times \frac{0.005}{0.15} \times 100 = 6.67\%$$

٦. النسبة المئوية للخطأ الناتج من قياسات الأطوال هي، على سبيل المثال: إذا كان الطول 1 cm، فإن النسبة المئوية القصوى للخطأ تساوي:

$$\frac{0.05}{1.0} \times 100 = 5\%$$

٧. الخطأ الإجمالي الناتج من قياسات الطول:

أ. قياس أطوال شرائط الماغنيسيوم. إذا اتبعنا القواعد التي تنص على أن الحدّ الأقصى للخطأ أو الارتياب يساوي نصف أصغر قياس ممكن، فإن المسطرة تقرأ حتى 0.5 mm ±. ستنتج قياسات الطول النسبة الأكبر من الخطأ.

ب. إذا استخدم الطلبة المخابير المدرّجة، فيجب إعطاؤهم العلامات بناءً على اختيارهم. على سبيل المثال، إذا قاموا بالتقدير أنهم سيحصلون على نحو 20 mL من التفاعل، نتيجة تجربتهم التجريبية ، فإن اختيار مخبار مدرج 50 mL بتدريجات تساوي 2.0 mL سيعطي حدًا أقصى للخطأ يبلغ 1.0 mL ± (نصف قراءة التدريج).

ج. إجمالي النسبة المئوية للخطأ المحتمل من قراءات الجهاز. في هذه الحال، يكون الحدّ الأقصى للنسبة المئوية للخطأ: $\frac{1}{20} \times 100 = 5\%$. وينخفض هذا الخطأ إلى النصف إذا تمّ استخدام مخبار مدرّج 25 mL.

٨. توجد عوامل أخرى تحدّ من الدقة، وتسبّب في حدوث الخطأ:

- التنظيف بوساطة ورق الصنفرة، حيث إن شريط الماغنيسيوم لا يبقى بالسماكة نفسها على كامل طوله.
- قد يتبقى بعض الأكسيد حتى بعد التنظيف.

المعلم الإلكتروني الشامل

استقصاء عملي ٢-٢: النسبة المئوية لتركيب مخلوط من كربونات الصوديوم الهيدروجينية وكلوريد الصوديوم

المقدمة

في هذا الاستقصاء العملي، سيجد الطلبة النسبة المئوية لتركيب مخلوط من كربونات الصوديوم الهيدروجينية وكلوريد الصوديوم. سيقومون بذلك عن طريق معايرة كربونات الصوديوم الهيدروجينية بمحلول قياسي من حمض الهيدروكلوريك.

المدة

تستغرق هذه التجربة حصة واحدة مدتها ٤٠ دقيقة للتحضير، بما في ذلك تحضير محلول المخلوط، ثم حصة مدتها ٤٠ دقيقة لإجراء المعايرة والحسابات.

التحضير للاستقصاء

يمكن حساب حجم حمض الهيدروكلوريك اللازم لكل مجموعة من قيم المعيار المتوقعة، على سبيل المثال: إذا حسبت أنه يلزم 17.00 mL من الحمض لتتفاعل كربونات الصوديوم الهيدروجينية تفاعلًا تامًا، وأجرى كل طالب أو مجموعة خمس عمليات معايرة، فستحتاج إلى 85 mL لذلك يُعدّ تخصيص 100 mL لكل طالب أو مجموعة كميّة مناسبة.

ستحتاج الى:

المواد والأدوات	
• دورق مخروطي 150 mL • دورق حجمي 250 mL • قنينة غسيل • حامل سحاحة • ماصة 25 mL • آجرّة بيضاء • كأس زجاجية 250 mL • كأس زجاجية 100 mL • ساق زجاجية للتقليب • قطارة صغيرة	• قمع زجاجي صغير للسحاحة وقمع أكبر للدورق الحجمي • سحاحة 50 mL • أوراق بلاستيكية للوزن • ميزان إلكتروني يقرأ حتى منزلتَين عشريّتَين، والأفضل، حتى ثلاثة منازل عشرية • مخلوط من كربونات الصوديوم الهيدروجينية ($NaHCO_3$) وكلوريد الصوديوم (NaCl) • حمض الهيدروكلوريك (HCl(aq)) 0.100 mol/L • كاشف الميثيل البرتقالي وقطارة • ماء مقطر

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- ارتدِ نظّارات واقية للعينَين في جميع الأوقات.
- يُعدّ حمض الهيدروكلوريك (HCl(aq)) مادة مهيجة.
- يُعدّ كاشف الميثيل البرتقالي سامًا، إذا لامس بشرتك، فاغسلها على الفور.

المعلم الإلكتروني الشامل

توجيهات حول الاستقصاء

- لتحضير المخلوط، يتم الحساب النموذجي كما يلي:

١. لنفترض أننا نريد أن يكون المعيار 17.20 mL فيتطلب هذا الحجم من طالب أن يملأ السحاحة مرتَين على الأكثر.

٢. عدد مولات كربونات الصوديوم الهيدروجينية الموجودة في 25.00 mL هو:

$$17.20 \times 10^{-3} \times 0.1 = 1.72 \times 10^{-3}\ \text{mol}$$

٣. لذلك، في 250 mL يكون لدى الطالب 1.72×10^{-2} mol أو $1.72 \times 10^{-2} \times 84.1\ \text{g} = 1.445\ \text{g}$

٤. إذا احتاج كل طالب إلى 2.00 g من المخلوط، فإن كمية كلوريد الصوديوم في المخلوط يجب أن تساوي:

$$2.00 - 1.45 = 0.55\ \text{g}$$

٥. النسبة المئوية لتكوين المخلوط = 72.5% ($NaHCO_3$) و 27.5% (NaCl). إذا كان لديك ٢٠ طالبًا، فستحتاج إلى $20 \times 2.00\ \text{g}$ من المخلوط، ولكن أعطِ كميّات إضافية لأن الطلبة لا يزالون في المراحل الأولى من التعلم بالتفصيل حول الاستقصاءات الكميّة، وقد تكون تقنيتهم دون المستوى المطلوب.

٦. أيًا يكن القرار، يمكن أن تكون هناك اختلافات في النتائج التي يتمّ الحصول عليها، لأن المخلوط الصلب ربّما لا يكون متجانسًا. والطريقة الوحيدة لضمان التجانس الكامل هي عبر تحضير محلول من المخلوط. في النهاية، يشكل هذا الموضوع محطّة للمناقشة المفيدة.

٧. يُعدّ من المهم أن يعبّر الطلبة عن قراءات السحاحة بـ 0.05 mL ±. على سبيل المثال: إذا حصلوا على قراءتَين مثل 17.00 mL و 17.10 mL فإن المتوسط هو 17.05 mL لأن دقة السحاحات عادة ما تصل إلى 0.05 mL، وهي عبارة عن قطرة واحدة من المحلول.

- الجدير بالذكر أن الطلبة يميلون إلى «دفع» أو إخراج آخر قطرة من المحلول من الماصة. فمعايرة الماصة تتمّ بحيث لا تشكل القطرة الأخيرة المتبقية جزءًا من الحجم 25.00 mL المستخدم.
- يكون لون نقطة-النهاية برتقاليًا بوجود كاشف الميثيل البرتقالي. وإذا تمّ الحصول على اللون الأحمر، فذلك يعني أنه قد تمّ تجاوز نقطة-النهاية.
- تكمن المشكلة الكبرى في قلّة جودة مخلوط كربونات الصوديوم الهيدروجينية وكلوريد الصوديوم، ولكنها ليست مشكلة خطرة لأن الجهاز المستخدم بشكل عام دقيق جدًا، وبالتالي فإن الأخطاء المنهجية تكون ضئيلة. يُعدّ هذا الأمر مصدرًا عشوائيًا للخطأ، ومنطلقًا "لسؤال مفتوح" في نهاية النشاط العملي. قد يكون مصدر الخطأ المنهجي الطالب نفسه الذي يكرّر الخطأ في كل معايرة.

وكما ذكرنا سابقًا، فإن تحويل المخلوط كاملًا إلى محلول من شأنه أن يحدّ من إمكانية التوزيع العشوائي للمواد الصلبة. اطلب إلى الطلبة اقتراح طريقة واحدة لتجاوز هذه المشكلة، وتحقق ممّا إذا كانوا قد توصلوا إلى طريقة مقبولة.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

من الأخطاء الأكثر شيوعًا أن ينسى الطلبة أن 25 mL تشكل فقط $\frac{1}{10}$ من إجمالي كمية المحلول التي أعدوها.

النتائج

	معايرة تقريبية (mL)	المعايرة الأولى (mL)	المعايرة الثانية (mL)	المعايرة الثالثة (mL)
القراءة النهائية (mL)	18.00	35.20	19.80	37.00
القراءة الابتدائية (mL)	0.00	18.00	2.20	19.80
المعيار (mL)	18.00	17.20	17.60	17.20

المعلم الإلكتروني الشامل

إجابات أسئلة كتاب التجارب العملية والأنشطة (باستخدام النتائج)

١. المعايير المتوافقة = 17.20 mL و 17.20 mL. ومتوسط المعايير المتوافقة 17.20 mL.

٢. أ. 17.20 mL هو حجم حمض الهيدروكلوريك 0.100 mol/L اللازم للتفاعل بشكل تام مع كربونات الصوديوم الهيدروجينية الموجودة في 25 mL من المخلوط.

ب. عدد مولات حمض الهيدروكلوريك المتفاعل = $17.20 \times 10^{-3} \times 0.100 = 1.72 \times 10^{-3}$ mol

= عدد مولات كربونات الصوديوم الهيدروجينية الموجودة في 25.00 mL من المحلول.

لذلك، في 250 mL من المحلول عدد مولات كربونات الصوديوم الهيدروجينية الموجودة =

$1.72 \times 10^{-3} \times 10 = 1.72 \times 10^{-2}$ mol

ج. كتلة كربونات الصوديوم الهيدروجينية الموجودة في 250.00 mL من المحلول. ($m = n \times M_r$) =

$1.72 \times 10^{-2} \times 84.1 = 1.45\ g$

د. الكتلة الكلية للمخلوط = 2.00 g

هـ. لذلك، كتلة كلوريد الصوديوم الموجودة في المخلوط =

$2.00 - 1.45 = 0.55\ g$

و. النسبة المئوية لكربونات الصوديوم الهيدروجينية الموجودة في المخلوط =

$\frac{1.45}{2.00} \times 100 = 72.5\%$

ز. $NaHCO_3$ 72.5% و NaCl 27.5%

٣. النسبة المئوية للخطأ =

$\frac{\text{القيمة القصوى للخطأ}}{\text{القيمة المقاسة}} \times 100\%$

٤. الأخطاء المنهجية:

أ. الميزان الإلكتروني: إذا تمّ أخذ قراءتَين وكان الميزان يقرأ حتى 0.01 g فإن النسبة المئوية للخطأ لكتلة 2.00 g هي:

$2 \times \frac{0.01}{2.00} \times 100 = 1\%$

ب. قراءات السحاحة:

من المهم أن يعبّر الطلبة عن قراءات السحاحة بـ ± 0.05 mL. على سبيل المثال: إذا حصلوا على قراءتَين مثل 17.00 mL و17.10 mL، فإن المتوسط هو 17.05 لأن السحاحات عادة ما تقرأ حتى 0.05 mL، وهو ما يمثّل تقريبًا قطرة واحدة من المحلول.

يساوي الارتياب في السحاحة ± 0.05 mL لكل قراءة. لذلك، فإن الارتياب المرتبط في الاختلاف بين قراءتَي السحاحة (المعيار) =

$2 \times 0.05 = \pm 0.10\ mL$

وبالتالي فإن الخطأ =

$\frac{0.1}{17.20} \times 100 = 0.58\%$

٥. يعتمد الخطأ العشوائي الرئيسي على تجانس المخلوط. كما أن خطأ آخر محتملاً يكمن في نقاوة كربونات الصوديوم الهيدروجينية. ومع الوقت، يمكن لهذا الأخير أن يتفكك ليعطي كربونات الصوديوم.

٦. يعود السبب الرئيسي في حدوث أيّ خطأ في النسبة المئوية إلى عدم تجانس المخلوط الصلب.

٧. يُعدّ تكوين محلول من المخلوط الطريقة الوحيدة لضمان التجانس الكامل، الأمر الذي يجعلها نقطة مناقشة مفيدة في نهاية الاستقصاء.

المعلم الإلكتروني الشامل

إجابات أسئلة نهاية الوحدة

السؤال ١

أ.

$C_xH_y + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$

14 mL 84 mL 56 mL

نسبة المولات 1 mol 6 mol 4 mol

عدد مولات الكربون لكل مول من C_xH_y = 4 mol

يمكننا بالتالي كتابة الصيغة على النحو الآتي:

C_4H_y

عدد مولات ذرات الأكسجين (O) المتبقي (للتفاعل مع H لإنتاج الماء) =

12 – 8 = 4 mol

لذلك يوجد 4 H_2O في المعادلة. بالتالي تكون صيغة الهيدروكربون: C_4H_8

ب. عدد مولات C =

$$\frac{37.25}{12} = 3.1 \text{ mol}$$

عدد مولات H =

$$\frac{7.75}{1.0} = 7.75 \text{ mol}$$

عدد مولات Cl =

$$\frac{55.0}{35.5} = 1.55 \text{ mol}$$

بالقسمة على عدد المولات الأصغر (1.55) يعطي

1 Cl ،5H ،2C

الصيغة الأولية هي: C_2H_5Cl

السؤال ٢

أ. كتلة الحديد في 1 mol من الليمونيت = 55.8 g

الكتلة المولية لليمونيت = 106.8 g/mol

فتكون النسبة المولية للحديد=

$$\frac{55.8}{106.8} \times 100 = 52.25\%$$

ب. ١. الكتلة المولية لـ (Fe_2O_3) = 159.6 g/mol

عدد مولات (Fe_2O_3)=

$$\frac{798}{159.6} = 5 \text{ mol}$$

عدد مولات الحديد =

2 × عدد مولات Fe_2O_3 = 10 mol

كتلة الحديد =

$10 \times 55.8 = 558$ g

٢. عدد مولات CO_2 =

3 × عدد مولات Fe_2O_3 = 15 mol

حجم ثاني أكسيد الكربون: $15 \times 24 = 360$ L

ج. عدد مولات FeS_2 =

$$\frac{60}{55.8 + 2(32.1)} = 0.5 \text{ mol}$$

عدد مولات (Fe_2O_3) المتوقع (المردود النظري)=

$$\frac{0.5}{2} = 0.25 \text{ mol}$$

عدد مولات (Fe_2O_3) الناتج (المردود الفعلي) =

$$\frac{26.6}{2(55.8) + 3(16)} = 0.1667 \text{ mol}$$

النسبة المئوية للمردود =

$$\frac{0.1667}{0.25} \times 100 = 66.7\%$$

المعلم الإلكتروني الشامل