طبيعةُ العلمِ
Nature of Science

الدرس 1

الفكرةُ الرئيسةُ:

ترتكزُ طبيعةُ العلمِ على الالتزامِ بالمنهجيةِ العلميةِ في البحثِ، وتوظيفِ المعرفةِ السابقةِ، وتطبيقِ عملياتِ التفكيرِ العلميِّ.

نتاجاتُ التعلُّمِ:

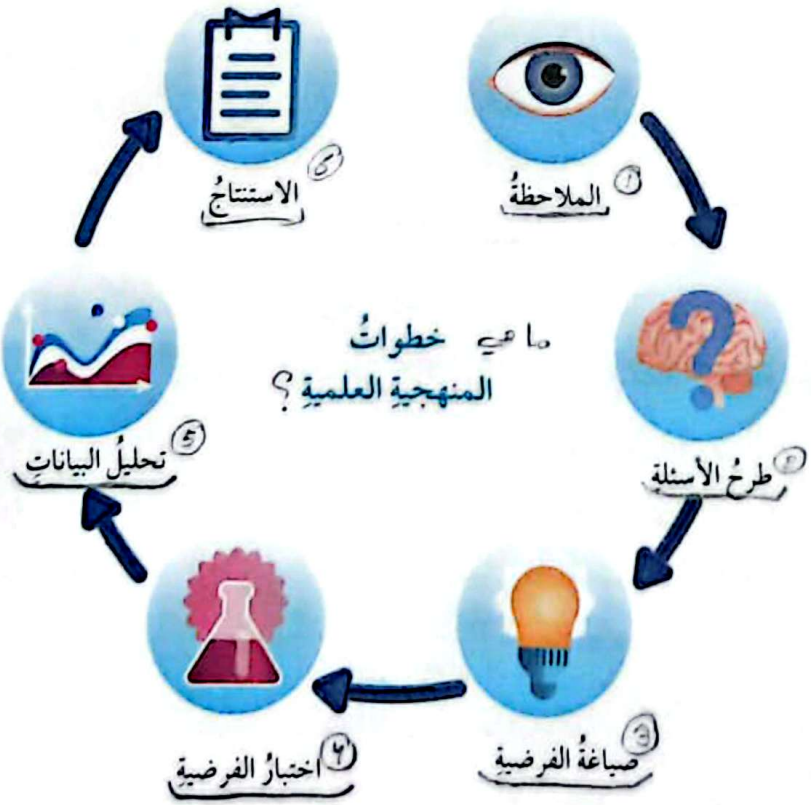
- أتعرَّفُ خطواتِ المنهجيةِ العلميةِ.
- أُوظِّفُ المنهجيةَ العلميةَ في حَلِّ المشكلاتِ.
- أرسمُ العلاقةَ بينَ مُتغيِّراتٍ بيانيًّا.
- أحترمُ الرأيَ الآخرَ، وأرفضُ التحيُّزَ.
- ألتزمُ بالمصداقيةِ والدقَّةِ في أثناءِ رصدِ البياناتِ ووصفِ ما أُلاحِظُهُ.
- أُقدِّرُ جهودَ العلماءِ في اتِّباعِ المنهجيةِ العلميةِ لحلِّ المشكلاتِ.

المفاهيمُ والمصطلحاتُ:

المنهجيةُ العلميةُ	Scientific Method
الملاحظةُ	Observation
الفرضيةُ	Hypothesis
النظريةُ	Theory
التنبُّؤُ	Prediction

المنهجيةُ العلميةُ Scientific Method

تُعرَّفُ **المنهجيةُ العلميةُ** Scientific Method بأنَّها اتِّباعُ مجموعةٍ منَ الخطواتِ العلميةِ الدقيقةِ والمُتسلسلةِ للوصولِ إلى حَلِّ مشكلةٍ ما. وأوَّلُ هذهِ الخطواتِ الملاحظةُ العلميةُ الدقيقةُ التي تؤدّي إلى طرحِ أسئلةٍ، ثمَّ صياغةُ الفرضياتِ، وتبنّي تنبُّؤاتٍ منْ هذهِ الفرضياتِ، يُمكِنُ اختبارُها غالبًا بتصميمِ تجربةٍ علميةٍ مضبوطةٍ، تُرصَدُ نتائجُها وتحليلاتُها، وصولًا إلى الاستنتاجِ العلميِّ الصحيحِ، أنظرُ الشكلَ (1).



الشكلُ (1): خطواتُ المنهجيةِ العلميةِ.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

الملاحظةُ وطرحُ الأسئلةِ Observation and Asking Questions

تبدأُ الدراسةُ العلميةُ بالملاحظةِ Observation؛ وهيَ عمليةٌ تتضمَّنُ رصدَ الأحداثِ أو العملياتِ المُتعلِّقةِ بظاهرةٍ ما باستخدامِ الحواسِّ، ثمَّ وصفَها بطريقةٍ مُنظَّمةٍ ودقيقةٍ وموضوعيةٍ. وقدْ تُستخدَمُ فيها أدواتٌ، مثلُ: المسطرةِ، والميزانِ، ومقياسِ درجةِ الحرارةِ، والعدسةِ المُكبِّرةِ.

الشكلُ (2): مهارةُ الملاحظةِ.

تُجمَعُ الملاحظاتُ في صورةِ بياناتٍ يُمكِنُ تحليلُها، ويوجدُ نوعانِ منْ هذهِ البياناتِ، هما: البياناتُ النوعيةُ Qualitative Data التي تكونُ وصفًا لظاهرةٍ ما، مثلِ: الأصواتِ، والروائحِ، وغيرِ ذلكَ.

والبياناتُ الكمِّيةُ Quantitative Data؛ وهيَ البياناتُ التي يُمكِنُ قياسُها، مثلُ: الحجمِ، والكتلةِ، ودرجةِ الحرارةِ.

يجبُ تدوينُ هذهِ البياناتِ، واستخدامُها بكلِّ دقَّةٍ ومصداقيةٍ؛ ما يتطلَّبُ طرحَ عديدٍ منَ الأسئلةِ، أنظرُ الشكلَ (2).

في قِصَّةِ اكتشافِ اللقاحاتِ، لاحظَ العالِمُ إدوارد جِنر أنَّ الفتياتِ اللاتي يحلبْنَ الأبقارَ لا يُصَبْنَ بجُدَرِيِّ الإنسانِ، وهو ما لاحظَهُ أيضًا معظمُ الناسِ في عصرِهِ، لكنَّ العالِمَ إدوارد استوقفَتْهُ هذهِ الملاحظةُ، وأخذَ يسألُ نفسَهُ عنِ احتمالِ وجودِ علاقةٍ بينَ إصابةِ الفتياتِ بجُدَرِيِّ الأبقارِ الضعيفِ جدًّا وامتلاكِهِنَّ مناعةً ضدَّ الإصابةِ بجُدَرِيِّ الإنسانِ الفتّاكِ.

أبحثُ في مصادرِ المعرفةِ المناسبةِ عنْ تطوُّرِ مبادئِ التفكيرِ العلميِّ منْ عصرِ أرسطو إلى عصرِ ديكارت، ثمَّ أُصمِّمُ مُخطَّطًا عنْ ذلكَ، ثمَّ أعرضُهُ أمامَ زملائي/ زميلاتي في الصفِّ.

صياغةُ الفرضيةِ Forming Hypothesis

يستخدمُ العلماءُ الملاحظاتِ والبياناتِ وما توصَّلَتْ إليْهِ الدراساتُ السابقةُ لصياغةِ الفرضياتِ. والفرضيةُ Hypothesis هيَ إجابةٌ مُقترَحةٌ لسؤالٍ علميٍّ يُمكِنُ اختبارُها للتحقُّقِ منْ صحتِها. أمّا الفرضيةُ التي تبنّاها العالِمِ إدوارد جِنر فمفادُها أنَّ إصابةَ الفتياتِ بجُدَرِيِّ الأبقارِ تحولُ دونَ إصابتِهِنَّ بجُدَرِيِّ الإنسانِ، أنظرُ الشكلَ (3).

الشكلُ (3): إصابةٌ بأحدِ أنواعِ الجُدَرِيِّ.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

التنبُّؤ Prediction

ينتج من الفرضية تنبُّؤاتٌ يُمكنُ اختبارُها؛ فالتنبُّؤ Prediction "توقُّعٌ يتضمَّنُ تحديدَ النتائج التي يُمكنُ التوصُّلُ إليها بناءً على فرضيةٍ مُعيَّنةٍ، وهوَ يُصاغُ عادةً في صورةِ جملةٍ شرطيةٍ؛ فالتنبُّؤُ في قصَّةِ اكتشافِ اللقاحاتِ يتمثَّلُ في ما يأتي:

«إذا كانتِ الإصابةُ بجُدَريِّ الأبقارِ تقي منَ الإصابةِ بجُدَريِّ الإنسانِ، فإنَّ حقنَ الأشخاصِ بمادةِ صديدِ البثورِ التي يُسبِّبُها جُدَريُّ الأبقارِ سيمنعُ إصابتَهُمْ بجُدَريِّ الإنسانِ».

ولا شكَّ في أنَّ ذلكَ يُسهِّلُ اختبارَ الفرضيةِ؛ نظرًا إلى وضوحِ الإجراءاتِ التي ستُتَّخَذُ في ما بعدُ.

اخر اصوغُ تنبُّؤًا آخرَ منْ فرضيةِ العالمِ إدوارد جنر.

أتحقَّقُ: ما الفرقُ بينَ الفرضيةِ والتنبُّؤِ؟

اختبارُ الفرضيةِ Testing Hypothesis

تُختبَرُ الفرضيةُ عادةً عنْ طريقِ التجربةِ العلميةِ المضبوطةِ Controlled Experiment؛ وهيَ التجربةُ التي يدرسُ العلماءُ بها عواملَ تُسمّى المُتغيِّراتِ، مثلَ: درجةِ الحرارةِ، والضوءِ، والزمنِ؛ لتعرُّفِ علاقةِ السببِ بالنتيجةِ فيها.

تُصنَّفُ المُتغيِّراتُ إلى مستقلةٍ، وتابعةٍ، أنظرُ الشكلَ (4). وكذلكَ توجدُ عواملُ يجبُ تثبيتُها، وتُسمّى العواملَ المُثبَّتةَ.

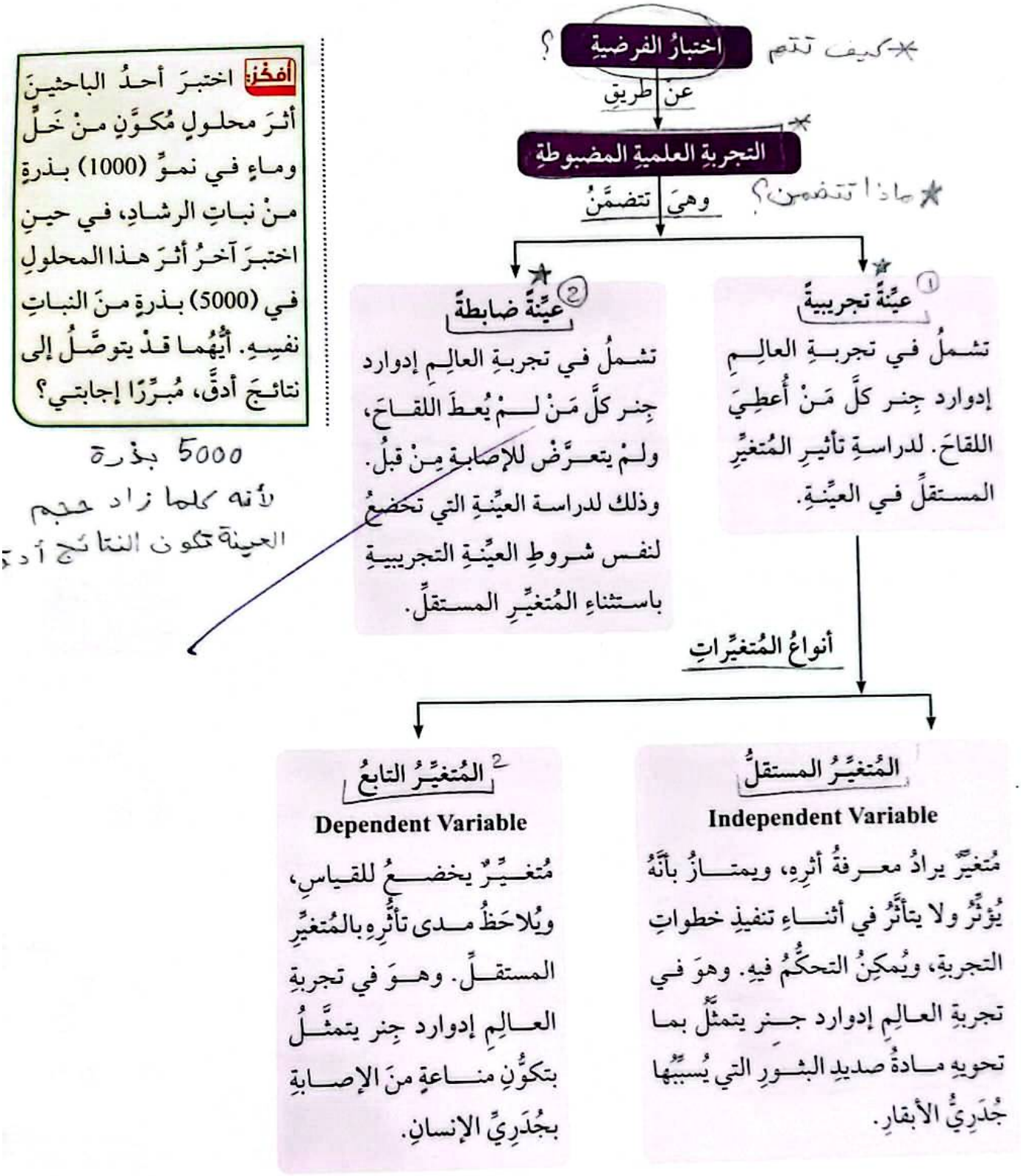
لإجراءِ التجربةِ العلميةِ المضبوطةِ، يجبُ توفيرُ عيِّنتينِ: عيِّنةٍ تجريبيةٍ Experimental Sample؛ وهيَ العيِّنةُ التي يرادُ دراسةُ تأثيرِ المُتغيِّرِ المستقلِّ فيها؛ بإحداثِ تغييراتٍ عليهِ في أثناءِ تنفيذِ التجربةِ العلميةِ المضبوطةِ. وعيِّنةٍ ضابطةٍ Control Sample؛ وهيَ العيِّنةُ التي تخضعُ لشروطِ العيِّنةِ التجريبيةِ نفسِها باستثناءِ المُتغيِّرِ المستقلِّ الذي يُدرَسُ منْ دونِ تعرُّضِهِ لأيِّ تغيُّراتٍ.

اخر لماذا يتعيَّنُ استثناءُ الفئرانِ اللاتي يحلبْنَ الأبقارَ منَ العيِّنةِ الضابطةِ والعيِّنةِ التجريبيةِ؟

يُذكَرُ أنَّ نتائجَ العيِّنةِ التجريبيةِ تُقارَنُ بنتائجِ العيِّنةِ الضابطةِ للتحقُّقِ منَ التأثيرِ الذي أحدثَهُ المُتغيِّرُ المستقلُّ.

منَ المُهمِّ تنفيذُ التجربةِ أكثرَ منْ مرَّةٍ لتكونَ النتائجُ أكثرَ دقَّةً أنظرُ الشكلَ (4).

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner



الشكلُ (4): اختبارُ الفرضيةِ.

لتعرُّفِ خطواتِ تجربةِ العالِمِ إدوارد جِنر - بما في ذلكَ اختبارُ الفرضيةِ- ونتائجِها، أنظرُ الشكلَ (5).

أفكِّرُ: اختبرَ أحدُ الباحثينَ أثرَ محلولٍ مُكوَّنٍ منْ خَلٍّ وماءٍ في نموِّ (1000) بذرةٍ منْ نباتِ الرشادِ، في حينِ اختبرَ آخرُ أثرَ هذا المحلولِ في (5000) بذرةٍ منَ النباتِ نفسِهِ. أيُّهُما قدْ يتوصَّلُ إلى نتائجَ أدقَّ، مُبرِّرًا إجابتي؟

5000 بذرة
لأنه كلما زاد حجم العينة تكون النتائج أدق

أتحقَّقُ: أُفرِّقُ بينَ المُتغيِّرِ المستقلِّ والمُتغيِّرِ التابعِ.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

الملاحظاتُ وجمعُ البياناتِ

لاحظَ العالِمُ إدوارد جِنر أنَّ الأبقارَ أُصيبَتْ بنوعٍ منَ الجُدَرِيِّ، وأنَّ حالباتِ الأبقارِ أُصيبَتْ أيديهُنَّ فقطْ بجُدَرِيِّ الأبقارِ، وأنَّهُنَّ لا يُصَبْنَ بجُدَرِيِّ الإنسانِ.

صياغةُ الفرضيةِ

بعدَ أنِ انتهى العالِمُ إدوارد جِنر منْ مراجعةِ ملاحظاتِهِ فقدِ افترضَ أنَّ تعريضَ الأشخاصِ للإصابةِ بجُدَرِيِّ الأبقارِ يُكسِبُهُمْ مناعةً تُماثِلُ مناعةَ حالباتِ الأبقارِ.

اختبارُ الفرضيةِ (التجربةُ الأولى)

أخذَ العالِمُ إدوارد جِنر بعضَ الصديدِ منْ بثورِ جُدَرِيِّ الأبقارِ عنْ يدِ إحدى حالباتِ الأبقارِ، ثمَّ حقنَها في جسدِ فتًى غيرِ مصابٍ بالجُدَرِيِّ، فظهرَتْ عليْهِ أعراضٌ خفيفةٌ منَ الإصابةِ، لكنَّهُ ظلَّ بصحةٍ جيدةٍ.

اختبارُ الفرضيةِ (التجربةُ الثانية)

بعدَ بضعةِ أسابيعَ، حقنَ العالِمُ إدوارد جِنر جسدَ الفتى بصديدِ جُدَرِيِّ الإنسانِ، وكرَّرَ ذلك بعدَ عِدَّةِ شهورٍ، إلّا أنَّهُ لمْ تظهرْ عليْهِ أيُّ أعراضٍ للإصابةِ، واعتقدَ أنَّهُ اكتسبَ مناعةً منَ الإصابةِ بهِ.

تكرارُ التجاربِ

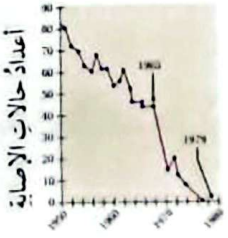
حقنَ العالِمُ إدوارد جِنر أجسادَ (23) شخصًا آخرَ بالطريقةِ نفسِها، وقدْ لاحظَ أنَّ هؤلاءِ الأشخاصِ لمْ يصابوا بهذا المرضِ.

بعدَ ذلكَ، كتبَ العالِمُ إدوارد جِنر بحثًا عنْ تجاربِهِ، وأطلقَ على ما توصَّلَ إليْهِ اسمَ التطعيمِ. ثمَّ أخذَ الأطباءُ بطريقتِهِ في التطعيمِ، مُحقِّقينَ بعضَ النجاحِ.

انتشارُ وسيلةِ الوقايةِ بالتطعيمِ

على مدارِ مئةِ عامٍ تاليةٍ، أمكنَ توفيرُ مطعومِ الجُدَرِيِّ للأشخاصِ في مختلفِ دولِ العالَمِ عنْ طريقِ برامجِ التطعيمِ المحليةِ. ثمَّ استخدمَ بعضُ الأطباءِ طريقةَ العالِمِ إدوارد جِنر في تطويرِ لقاحاتٍ لمُسبِّباتِ الأمراضِ الأُخرى، وأصبحَتْ نظريةُ المناعةِ الصناعيةِ أمرًا واقعًا.

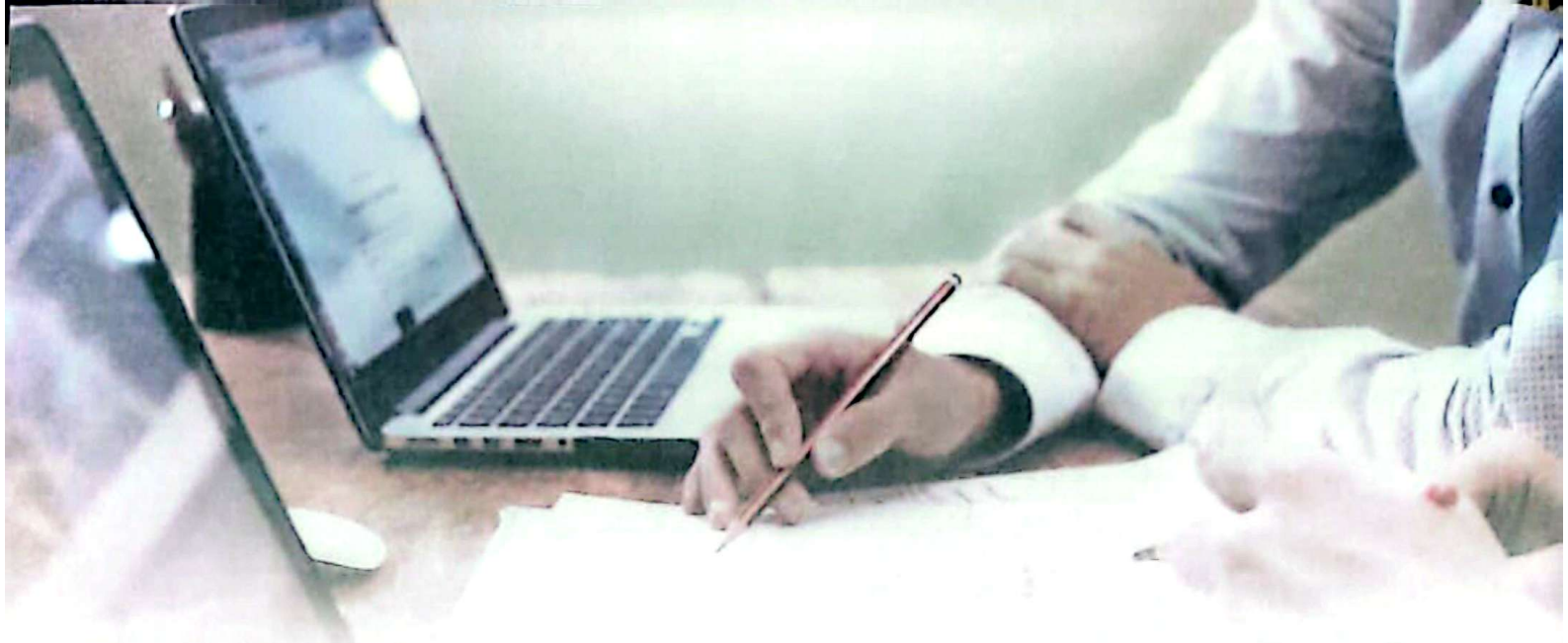
اختفاءُ مرضِ الجُدَرِيِّ منَ العالَمِ



أُطلِقَتْ حملاتٌ عالميةٌ للحدِّ منَ انتشارِ مرضِ الجُدَرِيِّ، وسُخِّرَتْ جميعُ الإمكانياتِ لتوفيرِ المطعومِ في مختلفِ الدولِ؛ ما أسهمَ في القضاءِ على هذا المرضِ، وقدْ أُعلِنَ عنْ ذلكَ رسميًّا عامَ 1979م بعدَ حملةِ تطعيمٍ استمرَّتْ طوالَ عقدٍ منَ الزمنِ.

الشكلُ (5): خطواتُ تجربةِ العالِمِ إدوارد جِنر ونتائجُها.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner



الشكلُ (6): دراسةُ البياناتِ وتحليلُها.

5 تحليلُ البياناتِ Data Analysis

تُحلَّلُ البياناتُ التي يتوصَّلُ إليْها الباحثُ عنْ طريقِ التجربةِ العلميةِ المضبوطةِ، وقدْ يُستخدَمُ لتحليلِها عددٌ منَ الأجهزةِ التقنيةِ وأدواتِها، مثلُ برمجياتِ الحاسوبِ؛ ما يؤدّي إلى تعرُّفِ العلاقةِ بينَ المُتغيِّراتِ، ثمَّ اتِّخاذِ قرارٍ بخصوصِ قبولِ الفرضيةِ أوْ رفضِها.

يتعيَّنُ على العلماءِ التحلّي بالمصداقيةِ والدقَّةِ العلميةِ في أثناءِ تنفيذِ خطواتِ التجربةِ المضبوطةِ، والالتزامِ بخطواتِ المنهجيةِ العلميةِ، ورصدِ الملاحظاتِ، وتدوينِ البياناتِ بكلِّ موضوعيةٍ، أنظرُ الشكلَ (6).

6 الاستنتاجُ Conclusion

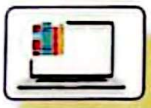
بعدَ الانتهاءِ منْ تحليلِ البياناتِ، يجبُ اتِّخاذُ قرارٍ يتمثَّلُ في قبولِ الفرضيةِ أوْ رفضِها، وذلكَ بتقييمِ نتائجِ التجربةِ.

للتحقُّقِ منْ دقَّةِ النتائجِ وصحتِها، يجبُ تكرارُ اختبارِ الفرضيةِ أكثرَ منْ مَرَّةٍ، ومشاركةُ علماءَ آخرينَ في هذهِ النتائجِ، وتعرُّفُ آرائِهِمْ بخصوصِها؛ ما يزيدُ منْ مصداقيتِها ودقَّتِها العلميةِ، ويُسهِمُ في الإفادةِ منْها في عملِ بحوثٍ أُخرى.

✓ **أتحقَّقُ**: لماذا يجبُ تكرارُ اختبارِ الفرضيةِ أكثرَ منْ مَرَّةٍ؟

الجواب بين قوسين ،

أفكّرُ كيفَ يُؤثِّرُ التحيُّزُ في نتائجِ التجربةِ؟



يُعَدُّ احترامُ الآخرينَ وتقبُّلُ آرائِهِمْ أحدَ أهمِّ عواملِ النجاحِ لفريقٍ يُوظِّفُ منهجيةَ البحثِ العلميةَ في حَلِّ مشكلةٍ ما. أبحثُ في مصادرِ المعرفةِ المناسبةِ عنْ عواملَ نجاحٍ أُخرى للفريقِ، ثمَّ أُعِدُّ فلمًا قصيرًا عنْ ذلكَ، ثمَّ أعرضُهُ أمامَ زملائي/ زميلاتي في الصفِّ.

أبحثُ في مصادرِ المعرفةِ المناسبةِ عنْ مفهومِ النظريةِ، مُقارِنًا بينَها وبينَ الفرضيةِ، ثمَّ أكتبُ تقريرًا عنْ ذلكَ، ثمَّ أقرأُهُ أمامَ زملائي/ زميلاتي في الصفِّ.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

أفكّرُ: فيمَ يستفادُ منَ الدقّةِ عندَ تحديدِ المُتغيِّرِ المستقلِّ والمُتغيِّرِ التابعِ؟

نشاطٌ

أثرُ الضوءِ في اتجاهِ نموِّ النباتاتِ

خطواتُ العملِ:

1. **أصوغُ فرضيةً** عنْ أثرِ الضوءِ في اتجاهِ نموِّ النباتاتِ، ثمَّ أستخلصُ منها تنبُّؤًا قابلًا للاختبارِ
2. أحدِّدُ العيِّنةَ التجريبيةَ، والعيِّنةَ الضابطةَ.
3. **أضبطُ المُتغيِّراتِ:** أحدِّدُ المُتغيِّرِ المستقلِّ، والمُتغيِّرِ التابعِ، والعواملِ التي يتعيَّنُ تثبيتُها
4. أوضِّحُ آليَّةَ ضبطِ مُتغيِّراتِ التجربةِ.
5. أحدِّدُ الأدواتِ والموادَّ اللازمةَ لتنفيذِ التجربةِ.
6. أدوِّنُ إرشاداتِ السلامةِ العامةِ.
7. أحدِّدُ خطواتِ العملِ الخاصةَ بالتجربةِ.
8. **أصمِّمُ** أدواتِ جمعِ البياناتِ مثلَ: الجداولِ، والرسومِ البيانيةِ، والمُخطَّطاتِ
9. **أتوقَّعُ** أفضلَ الطرائقِ والأدواتِ لتحليلِ البياناتِ، وصولًا إلى استنتاجٍ علميٍّ صحيحٍ
10. **أتواصلُ:** أعرضُ ما توصَّلْتُ إليهِ على مُعلِّمي. وبعدَ الموافقةِ على ما سبقَ، أبدأُ تنفيذَ التجربةِ معَ زملائي في المجموعةِ، ثمَّ أحلِّلُ النتائجَ، وأُعمِّمُها على طلبةِ الصفِّ بصورةٍ مناسبةٍ، ثمَّ أجيبُ عنْ أسئلتِهِمْ

ملحوظةٌ: أصمِّمُ تجربةً مضبوطةً عنْ أثرِ الضوءِ في اتجاهِ نموِّ النباتاتِ باتِّباعِ الخطواتِ السابقةِ.

١- الملاحظة
٢- طرح الأسئلة.
٣- صياغة الفرضية.
٤- اختبار الفرضية.
٥- تحليل البيانات.
٦- الاستنتاج.

✓ **أتحقَّقُ:** ما خطواتُ المنهجيةِ العلميةِ؟

الربطُ بعلمِ الإحصاءِ

تتمثَّلُ أهميةُ علمِ الإحصاءِ في البحثِ العلميِّ بجمعِ البياناتِ وعرضِها في جداولَ، ورسومٍ بيانيةٍ؛ ما يجعلُها أكثرَ وضوحًا، ويُسهِّلُ عمليةَ تحليلِها، وصولًا إلى النتائجِ المنشودةِ. فعلمُ الإحصاءِ هوَ الأداةُ الأساسيةُ لجمعِ البياناتِ وتحليلِها وتحويلِها إلى معلوماتٍ قابلةٍ للتفسيرِ.

يساعدُ علمُ الإحصاءِ الباحثَ على اتِّخاذِ القراراتِ المناسبةِ اعتمادًا على النتائجِ التي يتوصَّلُ إليْها.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

مراجعةُ الدرسِ

1. **الفكرةُ الرئيسةُ:** ما أهميةُ المنهجيةِ العلميةِ؟ التوصل إلى نتائج علمية دقيقة. (لحل المشكلة)

2. أُوضِّحُ المقصودَ بكلٍّ منَ الفرضيةِ، والتنبُّؤِ.

3. في تجربةٍ مضبوطةٍ لاختبارِ فرضيةٍ عنْ قدرةِ مضادٍّ حيويٍّ ما على قتلِ أحدِ أنواعِ البكتيريا:

أ. **أصوغُ** تنبُّؤًا منْ هذهِ الفرضيةِ يُمكِنُ اختبارُهُ.

ب. **أستنتجُ** المُتغيِّرَ المستقلَّ، و المُتغيِّرَ التابعَ، والعواملَ التي يجبُ تثبيتُها.

4. في تجربةٍ لطلبةِ الصفِّ التاسعِ، هدفَتْ إلى تعرُّفِ أثرِ السمادِ (س) في نموِّ النباتِ، أحضرَ الطلبةُ نباتينِ مختلفينِ (أ/ ب)، ثمَّ استخدموا السمادَ (س) للنباتِ (أ)، والسمادَ (ص) للنباتِ (ب)، ثمَّ وضعوا النباتينِ في مكانينِ مختلفينِ. **أُحـــدِّدُ** الأخطـاءَ التي وقعَ بها الطلبةُ في أثناءِ تصميمِ تجربتِهِمْ، وتعارضَتْ معَ المنهجيةِ العلميةِ. استخدام نباتين مختلفتين وسمادين مختلفين ومكانين مختلفين.

5. **أُقارِنُ** بينَ العيِّنةِ الضابطةِ والعيِّنةِ التجريبيةِ منْ حيثُ ضبطِ المُتغيِّراتِ في كلٍّ منْهُما.

6. **أضبِطُ المُتغيّرات:** أُحدّدُ المُتغيِّرَ المستقلَّ، والمُتغيِّرَ التابعَ في العبارةِ الآتيةِ:

"افتَرَضَ أحدُ العُلماء أنّ درجةَ الحرارةِ التي تتعرّضُ لها بُيوضُ التماسيحِ تُحدّدُ جِنسَ التماسيحِ الصغيرَةِ التي تَفقِسُ من هذه البُيوضِ".

7. **أطرح سؤالًا**، إجابَتُه: للتحقُّقِ منْ دقَّةِ النتائجِ وصحتِها.

8. **أُقدّمُ دليلًا** على أنّ استخدامَ بعضِ البرمجيّاتِ الحاسوبيّةِ لها دورٌ في قَبُولِ الفَرَضِيّةِ أو رَفْضِها.

(2) الفرضية: إجابة مقترحة لسؤال علمي يمكن اختبارها للتحقق من صحتها.

التنبؤ: توقع يتضمن تحديد النتائج التي يمكن التوصل إليها بناءً على فرضية معينة.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner