



# اليوم العالمي للرياضيات 14 مارس

## ذوبان الجليد ورتب الضخامة

**المشاركون:**

12 سنة وما فوق.

**نظرة عامة:**

يتكون نشاط يعر هذا من جزأين منفصلين. كلاهما يعالجان مسائل كبيرة حول ما يمكن أن يحدث لكوكبنا. في النشاط الأول، تركز الأسئلة على مشكلة ارتفاع مستوى سطح البحر نتيجة الاحتباس الحراري. في النشاط الثاني، تتناول المناقشة، بشكل عام، كيف يمكن التعامل مع مسائل التقدير المتعلقة بكوكبنا من وجهة نظر رياضياتية وإستراتيجية.

لا تتردد في تجربة النشاطين. يمكنك تخصيص حوالي ساعة لكل نشاط، حسب مقدار الوقت الذي تريد أن تقضيه في المناقشة. يمكنك اختيار القيام بنشاط واحد أو كليهما، واحداً تلو الآخر، في نفس اليوم أو في أيام مختلفة.

كإعداد عام، كل ما عليك فعله هو التعرف على الموضوع والمصادر أسفه وإعداد بعض المعطيات المهمة لمشاركتها مع الطلاب في أوقات محددة.

## نشاط 1 - ذوبان الجليد

يستكشف هذا النشاط ما يمكن أن يحدث إذا ذابت القمم الجليدية للكوكب تمامًا. في مرحلة ما (ربما في البداية و / أو في النهاية). يجب أن تذكر طلابك أن هذا السيناريو افتراضي، مطروح لتطبيق الرياضيات والفيزياء وعلوم الأرض. تشير الأبحاث إلى أنه خلال القرن الماضي، ارتفع متوسط مستوى سطح البحر بحوالي 16-21 سم ، ومن المتوقع أن يرتفع بحوالي 30 سم خلال هذا القرن. بالرغم من أن البيانات الحقيقية مقلقة ويجب معالجتها، سننظر هنا في كوارث أكثر خطورة.

### 1. ما الذي يخطر ببالك أولاً؟

ابدأ بطرح السؤال التالي: "ماذا تعتقد أنه سيحدث لهذه المدينة إذا ارتفع مستوى المحيط مترين؟" شجع الطلاب على الإبداع في إجاباتهم. هل سيتغير الساحل؟ هل ستكون هناك هجرة ولاجئون من المدن الساحلية؟ هل ينفد الطعام لدينا؟ هل سيكون هناك آثار اقتصادية؟ هل ستغير الأنهار مساراتها؟ ماذا ستكون التأثيرات على الحياة البرية؟ الهدف من كل هذا هو جعلهم يفكرون، وليس انتظار إجابات صحيحة (ولكن يمكنك تقديم مقتطفات من المعلومات ، على سبيل المثال المرجع [4]). غير القيمة في السؤال. ماذا لو زاد المستوى بـ 5 سم؟ ماذا لو زاد المستوى بـ 10 م؟

### 2. إذا ذاب القطب الشمالي

اسأل ماذا سيحدث إذا ذاب الجليد في القطب الشمالي. اترك لهم الوقت ليجدوا إجاباتهم الخاصة. بعد فترة، ذكرهم أن الغطاء الجليدي للقطب الشمالي عبارة عن كتلة جليدية تطفو على المحيط (لن نعتبر جرينلاند جزءاً من الغطاء الجليدي). قدّم التجربة الفكرية التالية: افترض أن لديك كوباً من الماء مملوءاً بالكامل، لذلك لا يمكن أن يحتوي على المزيد من الماء. يوجد على الماء مكعب ثلج يطفو. يوجد معظم الجليد تحت الماء ولكن هناك جزء من مكعب الثلج يظهر على سطح الماء. لنفترض أنك تركت كوب الماء مع الثلج في درجة حرارة الغرفة حتى يذوب الجليد. ماذا سيحدث؟ هل يفيض الماء؟ هل ينخفض المستوى؟

**سؤال:** ماذا سيحدث لمستوى سطح البحر إذا ذاب الغطاء الجليدي العائم في القطب الشمالي؟

**الجواب:** سيبقى مستوى سطح البحر كما هو بالضبط. في مثال مكعب الثلج الطافي في الكأس، سيبقى المستوى كما هو تماماً ولن ينسكب الماء.

يتضمن التفسير فيزياء الطفو (مبدأ أرخميدس). تخيل أنك تحدد منطقة معينة من الماء في الكأس، منطقة تقع في الأسفل وتلامس السطح. تخيل الآن أن الماء داخل تلك المنطقة يتحول إلى جليد. سوف يتوسع للأعلى، ويحتل جزءاً من الهواء أعلاه. ولكن نظراً لأن عدد جزيئات الماء هو نفسه، فإن كتلة هذا الجليد هي بالضبط نفسها كتلة الماء الذي كان من قبل، وبالتالي فإن قوة الطفو الصاعد التي تؤذيها بقية الماء هي نفسها كما كانت من قبل وتقاوم تماماً قوة وزن الجليد. سيطفو الجليد بتوازن.

لذلك، سيبقى مستوى سطح البحر كما هو تماماً إذا ذاب الغطاء الجليدي للقطب الشمالي. بالطبع، ستكون هناك عواقب أخرى مهمة على البيئة والمناخ والكوكب ككل.

### 3. ماذا لو ذاب الجليد في القطب الجنوبي

تقدم الآن حقيقة أن الغطاء الجليدي في القطب الجنوبي يقع فوق مساحة القارة القطبية الجنوبية. لذلك، إذا ذاب الغطاء الجليدي في القطب الجنوبي، فسيكون هناك الكثير من الماء يضاف إلى المحيطات. اطلب من طلابك حساب مقدار ارتفاع مستوى سطح البحر. هناك حاجة إلى بعض البيانات لتقديم هذا التقدير، يمكنك السماح لطلابك بالبحث عن تلك البيانات عبر الإنترنت، أو يمكنك إعطاؤهم الأرقام أدناه. إذا قررت عدم إعطاء أي بيانات لطلابك، فافتح مناقشة حول البيانات (والصيف) التي يجب العثور عليها. في حالة عثور شخص ما على نتيجة نهائية عبر الإنترنت، يمكنك أن تطلب منه تبرير أو إعادة بناء هذه النتيجة من البيانات الأساسية.

**سؤال:** يغطي الجليد في أنتاركتيكا مساحة تبلغ 14 مليون كم<sup>2</sup> ويبلغ سمكه في المتوسط كيلومترين. يمكن اعتبار أن نصف قطر الكرة الأرضية يقدر بـ 6371 كم وتشكل المحيطات 70% من سطحها. الماء أكثر كثافة من الجليد، 1 م<sup>3</sup> جليد يعادل 0.9 م<sup>3</sup> ماء. إذا ذاب كل الجليد فوق القارة القطبية الجنوبية، فما مقدار ارتفاع مستوى سطح البحر؟

**الجواب:** حوالي 70 م

حجم الجليد على اليابسة في أنتاركتيكا هو:

$$24 \text{ مليون كم}^2 \times 2 \text{ كم} = 28 \text{ مليون كم}^3 \text{ جليد}$$

إذا ذاب هذا الجليد ، فسوف يتحول إلى:

$$28 \text{ مليون كم}^3 \text{ جليد} \times (0.9 \text{ م}^3 \text{ ماء} / 1 \text{ م}^3 \text{ جليد}) = 25.2 \text{ مليون كم}^3 \text{ ماء}$$

من جهة أخرى ، مساحة سطح الأرض:

$$4 \times \pi \times \text{نق}^2 = 4 \times 3.1416 \times (6371 \text{ كم})^2 = 510 \text{ مليون كم}^2$$

إذا كان 70 % فقط من هذا السطح عبارة عن ماء ، فهذا يمنحنا مساحة تشغلها المحيطات تقدر بـ:

$$510 \text{ مليون كم}^2 \times 0.7 = 357 \text{ مليون كم}^2$$

الآن، لنفرض أن كل الجليد الذائب سوف يتراكم بالضبط على سطح المحيطات. و بما أن الحجم يساوي مساحة السطح مضروبة في الارتفاع،

$$\text{الحجم} = \text{المساحة} \times \text{الارتفاع}$$

إذا، فإن ارتفاع مستوى سطح البحر هو مجرد ناتج قسمة الحجم الإضافي للمياه مقسوماً على مساحة المحيطات:

$$! = 25.2 \text{ مليون كم}^3 / 357 \text{ مليون كم}^2 = 0.0705 \text{ كم} = 70 \text{ م}$$

وبالتالي ، فإن تقديرنا هو أنه إذا ذاب كل الجليد في أنتاركتيكا، سيرتفع مستوى المحيطات بنحو 70 متراً.

الآن، هل يمكننا تحسين النموذج؟ قد يكون أحد الخيارات هو مراعاة أنه لن يتم تراكم كل المياه فوق المحيط، ولكن قد ينتشر بعضها على جزء من الأرض ذات الارتفاع المنخفض، مما يؤدي إلى إغراقها.

**سؤال:** نفرض أن حوالي 10% من الأرض ستغرق، وأن متوسط ارتفاع تلك المنطقة المغمورة هو 10 أمتار. كم سيرتفع المحيط في هذه الحالة؟

هذان الرقمان هما مجرد اقتراح، قم بتغييرهما لمعرفة ما إذا كانت النتيجة ستتغير بشكل كبير.

**الجواب:**

تشكل اليابسة 30% من سطح الأرض:

$$510 \text{ مليون كم}^2 \times 0.3 = 153 \text{ مليون كم}^2$$

الآن لدينا 10% من الأراضي التي غمرتها المياه، أي:

$$153 \text{ مليون كم}^2 \times 0.1 = 15.3 \text{ مليون كم}^2$$

نظراً لأن هذه البقعة التي غمرتها المياه يبلغ متوسط ارتفاعها 10 أمتار، فهذا يعني أن متوسط ارتفاع الماء فوقها سيكون 0.01 كم. هنا لا يكون شكل الأرض التي غمرتها المياه مهماً، طالما أننا نعلم أن متوسط الارتفاع هو 10 أمتار.

الآن ، يتم حساب حجم المياه الجديدة على النحو التالي:

$$\text{الحجم} = \text{مساحة المحيطات} \times ! + \text{المساحة المغمورة} \times (0.01 \text{ كم})$$

حجم المياه الجديدة ومساحة المحيطات هما نفسهما كما في المثال السابق. حسابياً نجد أن:

$$! = 68 \text{ م}$$

وبالتالي ، هناك فرق بسيط للغاية. هذا ليس مفاجئاً: 10% من اليابسة تشكل 3% فقط من سطح الأرض. يمكننا اللعب على القيمتين كمؤشرات. الحالة القصوى هي أنه إذا كان ارتفاع الأرض بأكملها صفراً، فسيظل الارتفاع 49.4 متراً، وهذا مرتفع جداً.

يشير المرجع [2] إلى ارتفاع مستوى سطح البحر بمقدار 73.32 مترًا ، وهذا راجع ربما لاستخدام بيانات أكثر دقة من تقديراتنا السريع. النتيجة النهائية لهذه الدراسة هي ارتفاع مستوى سطح البحر بمقدار 80.32 مترًا إذا أضفنا جرينلاند وجميع الأنهار الجليدية الأخرى على الأرض.

كما أشرنا سابقًا ، هذا سيناريو كارثي غير محتمل على المدى القصير. توقعات بزيادة 30 سم بحلول نهاية القرن. هناك عامل آخر يؤثر بشكل كبير على مستوى سطح البحر وهو التمدد الحراري للمياه بسبب ارتفاع درجة الحرارة. لا يساهم هذا في رفع مستوى سطح البحر فحسب ، بل يؤدي أيضًا إلى تسريع وتيرة ذوبان القمم الجليدية.

## المراجع:

يمكنك استخدام المصادر التالية لإثراء المناقشة ببيانات من العالم الحقيقي وتصورات تفاعلية:

1. عرض تقديمي مع نظرة عامة للبحث الحالي حول ذوبان القمم الجليدية.  
<https://imaginary.org/program/simulating-the-melting-of-ice-caps>
2. بيانات حقيقية من الخبراء ، مقدمة في سياق التعليم.  
<https://serc.carleton.edu/eslabs/cryosphere/6b.html>
3. تطبيق الخريطة لمراقبة أجزاء العالم التي ستغطيها المياه بعد ارتفاع مستوى سطح البحر.  
<https://www.floodmap.net>
4. يعيش ما مجموعه 10% من سكان العالم في مناطق ساحلية منخفضة، أي أقل من 10 أمتار فوق متوسط مستوى سطح البحر الحالي.  
McGranahan, G., Balk, D., and Anderson, B.: The rising tide: Assessing the risks of climate change and human settlements in low elevation coastal zones, Environ. Urban., 19, 17–37,  
<https://doi.org/10.1177/0956247807076960> , 2007

## نشاط 2 - رتب الضخامة في مسائل حول الأرض

كيف يمكننا العثور على إجابات للأسئلة واسعة النطاق عندما يكون لدينا القليل من البيانات؟ في بعض الأحيان، لا تتوفر إحصاءات حول ظاهرة معينة: ربما لأن النطاق كبير جدًا (على سبيل المثال الكوكب بأكمله) أو صغير جدًا (مدينتك ، مدرستك) ، ولم تقم أي مؤسسة بجمع هذه البيانات. في بعض الأحيان يكون من المستحيل إصدار البيانات لأننا لا نستطيع إعطاء عدد دقيق (كم عدد الأشجار الموجودة في العالم؟) أو لأنه افتراضي (كم عدد الأشجار المطلوبة لامتناسص إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون الحالية؟) بالنسبة لهذا النوع من الأسئلة، نحن نبحث فقط عن تقدير تقريبي لرتبة الضخامة الخاصة بالجواب. غالبًا ما يشار إلى هذه التقديرات باسم تقديرات فيرمي.

هناك العديد من الحيل التي يمكننا استخدامها لتقديم إجابات لهذه الأسئلة. في هذا النشاط، سنكتشف تقنية ونطبقها على بعض القضايا البيئية المتعلقة بكوكب الأرض.

### 1. أسئلة الإجماع.

اطلب من طلابك العثور على إجابة للأسئلة التالية:

- I. ما هي كمية الطعام المستهلكة في اليوم حول العالم؟
- II. ما هي كمية القمامة التي يتم إنتاجها يوميًا حول العالم؟
- III. ما هو عدد لترات المياه اللازمة يوميًا حول العالم للاستهلاك الفردي فقط (باستثناء الصناعات والزراعة)؟

لكل سؤال، يجب أن يحصلوا على تقدير من تجربتهم الخاصة (كمية الطعام التي أتناولها كل يوم، وكمية القمامة التي أنتجها...)، ويمكنك تزويدهم بإحصائيات مثل عدد سكان العالم (7 مليارات شخص). ا طرح عليهم أسئلة، مثل تباين هذه الأرقام. هل استهلاك الطعام للفرد الواحد هو نفسه في جميع أنحاء العالم؟ ماذا عن القمامة؟ وماذا عن القمامة التي تنتجها الصناعة، هل هي أكثر أم أقل من نفايات الأفراد؟

يمكنك العثور على بعض الإجابات "الرسمية" على هذه الأسئلة من خلال البحث في الإنترنت. افتح جولة من المناقشة و التعليقات بعد إعطاء الإجابات.

## 2. مسائل المعلومات الغير كاملة.

اطرح على طلابك هذا النوع الجديد من الأسئلة حيث سيحتاجون إلى الحصول على بيانات من مصادر غير مباشرة وعمل نماذج وتقديرات بسيطة:

- I. كم لترًا من الماء تستخدمه المدرسة (أو المبنى الذي أنت فيه الآن) كل أسبوع؟
- II. كم عدد ألياف العشب الموجودة في ملعب كرة القدم (أو أي ملعب رياضي آخر أو حديقة)؟
- III. ما مقدار ثاني أكسيد الكربون الذي يتم استنشاقه بواسطة جميع الطلاب / المشاركين يوميًا؟

## 3. أسئلة أعمق.

اطرح السؤال التالي:

- I. حسب رأيك، ما هو حجم كل الزجاجات البلاستيكية التي ينتهي بها المطاف في المحيط كل يوم؟  
دع طلابك يخمنون (وساعدهم في خطوات) لحل المشكلة وتقديم التقديرات. بعض الأسئلة التي قد تطرح:

- ما هو الترتيب الصحيح للقياس؟ كغ؟ طن؟ ملايين الأطنان؟ بلايين الأطنان؟
  - ما هي كمية البلاستيك التي تنتجها البشرية؟
  - كم منها ينتهي في المحيط؟
  - يمكنك أن تقرر (هل يمكنك ذلك؟) أن البلاستيك الغير معاد تدويره الذي يتم إدارته بشكل خاطئ يأتي فقط من الاستهلاك الفردي وليس من الصناعي ، لذلك يمكنك محاولة تقدير كمية البلاستيك التي يستهلكها شخص واحد، وضربها في عدد السكان.
  - كم عدد الأشخاص الذين يعيشون في المناطق الساحلية (البلدان التي لها سواحل)؟ يمكنك أن تقرر أن البلدان التي لها سواحل هي فقط من تلوث المحيطات (هل يمكنك ذلك؟).
- في كل خطوة من التحليل، يمكنك محاولة التخمين أو محاولة العثور على معلومات عبر الإنترنت.

حافظ على المناقشة مفتوحة. الهدف هو حث الطلاب على مناقشة الأحجام والعلاقات التي بينها. بعد فترة، اطلب منهم التوصل إلى رقم الإجماع..

أخيرًا ، استخدم المقال المبين في المرجع [4] لإعطاء إجابة خبير: تم إلقاء ما بين 4.8 الى 12.7 مليون طن من الحطام البلاستيكي في المحيط في عام 2010 ، ويمكننا أن نتوقع زيادة برتبة ضخامة (10 أضعاف) بحلول عام 2025 إذا لم يتم اتخاذ أي تدابير.

افتح مناقشة أخيرة حول الآثار المترتبة على تلوث المحيطات.

## 4. مشروع بمكافأة

اعرض على طلابك كمشروع بمكافأة تقدير فيرمي أخير يمكنهم التحقيق فيه بمفردهم (على سبيل المثال في المنزل أو مع الأصدقاء أو مع العائلة)، والتي لا يمكن العثور عليها على الإنترنت. على سبيل المثال، استخدم الموضوعات المحلية، مثل: ما هو توازن ثاني أكسيد الكربون في هذه المدينة؟ بمعنى آخر ، ما مقدار ثاني أكسيد الكربون المنبعث في الغلاف الجوي بالمقارنة مع ما تمتصه الأشجار؟

## المراجع:

1. رسوم متحركة تشرح عملياً كيفية عمل تقدير فيرمي

<https://what-if.xkcd.com/84/>

2. مقال يعرض بعض النصائح حول كيفية عمل تقديرات فيرمي جيدة:

<https://www.lesswrong.com/posts/PsEppdvgRisZ5xAHG/fermi-estimates>

يمكنك التدرب على محاولة حل هذه الأسئلة وغيرها ، ومساعدة طلابك ببعض التلميحات.

على سبيل المثال، يشرح المقال كيفية تقدير فارق من خلال حدين باستخدام المتوسط الهندسي أو المتوسط الهندسي التقريبي (AGM)، مما سيضيف محتوى رياضياتي إضافي إلى النشاط.

3. أمثلة عن مسائل فيرمي للاستخدام في المدرسة (بشكل عام لا تتعلق بعلوم الأرض):

<https://www.teachertoolkit.co.uk/2017/04/28/fermi-questions/>

4. مقال بحثي يدرس كمية البلاستيك الموجودة في المحيط:

Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., Law, K. L. (2015). *Plastic waste inputs from land into the ocean*. *Science*, 347(6223), 768–771. doi:10.1126/science.1260352

### انشر وشارك!

شارك بسؤالك، افكارك، مناقشاتك ونتائجك باستخدام الهاشتاج:

#idm314 و #idm314earth

### مصادر أخرى:

1. الموارد التعليمية لعلوم المناخ (مشروع TROP-ICSU):

<https://climatescienceteaching.org>

2. محاكاة مناخية تفاعلية:

<https://en-roads.climateinteractive.org/scenario.html>

3. مدونة عن رياضيات كوكب الأرض:

<http://mpe.dimacs.rutgers.edu/blog/> (en)

4. المزيد من مشاكل فيرمي للمدرسة:

<https://www.teachertoolkit.co.uk/2017/04/28/fermi-questions/>

5. مصادر حول كيفية إجراء مناقشات قائمة على الأسئلة في المدرسة:

- I. [The right question at the right time](#)
- II. [Inquiry based maths education](#) (من مشروع الاتحاد الأوروبي FIBONACCI)

© 2020 IMAGINARY gGmbH

هذا العمل مرخص بموجب [Creative Commons Attribution 4.0 International License](#)