



**High School Science
Grades 9 - 12**

(5/4-15/20)

Distance Learning Activities



Dear families,

These learning packets are filled with grade level activities to keep students engaged in learning at home. We are following the learning routines with language of instruction that students would be engaged in within the classroom setting. We have an amazing diverse language community with over 65 different languages represented across our students and families.

If you need assistance in understanding the learning activities or instructions, we recommend using these phone and computer apps listed below.



Google Translate

- Free language translation app for Android and iPhone
- Supports text translations in 103 languages and speech translation (or conversation translations) in 32 languages
- Capable of doing camera translation in 38 languages and photo/image translations in 50 languages
- Performs translations across apps



Microsoft Translator

- Free language translation app for iPhone and Android
- Supports text translations in 64 languages and speech translation in 21 languages
- Supports camera and image translation
- Allows translation sharing between apps



Queridas familias:

Estos paquetes de aprendizaje tienen actividades a nivel de grado para mantener a los estudiantes comprometidos con la educación en casa. Estamos siguiendo las rutinas de aprendizaje con las palabras que se utilizan en el salón de clases.

Tenemos una increíble y diversa comunidad de idiomas con más de 65 idiomas diferentes representados en nuestros estudiantes y familias.

Si necesita ayuda para entender las actividades o instrucciones de aprendizaje, le recomendamos que utilice estas aplicaciones de teléfono y computadora que se enlistan a continuación:



Google Translate

- Aplicación de traducción de idiomas para Android y iPhone (gratis)
- Traducciones de texto en 103 idiomas y traducción de voz (o traducciones de conversación) en 32 idiomas
- Traducción a través de cámara en 38 idiomas y traducciones de fotos / imágenes en 50 idiomas
- Realiza traducciones entre aplicaciones



Microsoft Translator

- Aplicación de traducción para iPhone y Android (gratis)
- Traducciones de texto en 64 idiomas y traducción de voz en 21 idiomas
- Traducción a través de la cámara y traducción de imágenes
- Permite compartir la traducción entre aplicaciones

DESTINATION EXCELLENCE

3027 SOUTH NEW HAVEN AVENUE | TULSA, OKLAHOMA 74114

918.746.6800 | www.tulsaschools.org



**DID YOU MISS THE ENROLLMENT WINDOW IN
DECEMBER AND JANUARY? ARE YOU NEW TO TULSA?**

We have great schools that still have room for your child.
Don't miss this opportunity!

**THE WINDOW TO ENROLL AT THESE SCHOOLS IS
MAY 1-21, 2020**

We want to make it simple and easy for families to choose - and stay with - Tulsa Public Schools! Our improved enrollment system ensures that our families have an easy and simple process to access the schools that are the best fit for their children.

START YOUR APPLICATION AT Enroll.TulsaSchools.org.
If you need help, please leave a message at 918-746-7500
and an enrollment specialist will return your call
or email enroll@tulsaschools.org.

For more information, visit TulsaSchools.org/EnrollTulsa



**¿TE PERDISTE LA VENTANA DE INSCRIPCIÓN EN
DICIEMBRE Y ENERO? ¿ERES NUEVO EN TULSA?**

Tenemos excelentes escuelas que todavía tienen espacio para
su hijo. ¡No te pierdas esta oportunidad!

**LA VENTANA PARA INSCRIBIRSE EN ESTAS
ESCUELAS ES DEL
1 AL 21 DE MAYO DE 2020**

¡Queremos que sea simple y fácil para las familias elegir, y quedarse con, las Escuelas Públicas de Tulsa! Nuestro sistema de inscripción mejorado garantiza que nuestras familias tengan un proceso fácil y simple para acceder a las escuelas que mejor se adaptan a sus hijos.

INICIE SU SOLICITUD EN Enroll.TulsaSchools.org.
Si necesita ayuda, deje un mensaje al 918-746-7500 y un
especialista en inscripción le devolverá la llamada. También puede
enviarnos un correo electrónico a enroll@tulsaschools.org.

Para más información, visite TulsaSchools.org/EnrollTulsa

**HIGH SCHOOL SCIENCE:
CIENCIA GRADOS 9-12:**

- 1. PHYSICAL SCIENCE: WAVE PROPERTIES**
- 2. CIENCIA FÍSICA: PROPIEDADES DE LAS ONDAS**
- 3. BIOLOGY: ADAPTATION AND THE TREE OF LIFE**
- 4. BIOLOGÍA: LA EVOLUCIÓN Y EL ÁRBOL DE LA VIDA**
- 5. CHEMISTRY: THERMODYNAMICS: HEAT & TEMPERATURE**
- 6. QUÍMICA: TERMODINÁMICA: CALOR Y TEMPERATURA**

Properties of Waves

How are the repeating patterns in waves described?

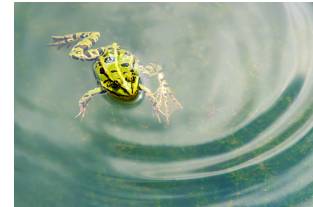
Introduction



Blue stepping stones make a path leading off into the distance. Splash! A fish appears to jump from beneath one of the stepping stones and into another. You are actually seeing a reflection of nearby rocks and the sky in the ripples of a lake. The blue “stones” are actually reflections of the sky forming a repeating pattern in the ripples. Any mechanical wave, from ripples in water to a shaking rope, produces a repeating pattern of motion as it carries energy from one place to another. How can you use the properties of this repeating pattern to describe waves such as the one in the image?

You might say that the waves in the image are gentle ripples because their crests are not very high. You might say that the blue parts of the reflection are close together because of the small distance between the wave crests. In contrast, some waves in the ocean may be taller than a house and have long distances between crests. The height of the wave peaks and distance between them are just two ways the patterns of motion of different waves may vary.

In this lesson, you will learn how to describe the patterns of motion of the types of waves you already learned about. You will study measurable properties that can be used to compare all types of waves. Then you will learn how these properties are mathematically related to each other. You will use these properties throughout your study of waves to analyze and compare waves.



When a frog makes a small disturbance in water the resulting wave has a small amplitude. A wave has a small amplitude because the water particles only move a short distance before returning to their starting positions.

1. Amplitude

Suppose you were describing the size of the waves of a calm ocean. You might describe the waves as small. You would probably also describe the waves made by a frog jumping into a pond as small. But the waves on the calm ocean are usually much larger than the waves on the pond. How can you describe the size of waves to differentiate between them?

One way to describe the size of waves is with a property called amplitude. **Amplitude** is the size of the crests or troughs of a wave. For a mechanical wave, it describes how far a particle has moved before returning to where it started. Since amplitude is a distance, it is often measured in meters. For example, the ripple made by a frog jumping into a pond might have an amplitude of about 1 cm. Similarly, a calm breeze might cause ocean waves with amplitudes of about 30 cm. In

PROPERTIES OF WAVES

both cases, the water particles only move a short distance before returning to their starting positions.

For a transverse wave, such as a wave on a rope, amplitude is the height of the wave. What happens when you shake a jump rope with large up-and-down motions compared to small motions? When you use large motions, you make an S-shape pattern in the rope that has tall crests and troughs. When you use small motions, the S-shape pattern has small crests and troughs.

Remember, periodic waves have repeating patterns. So, the height of any crest is the same as the depth of any trough. In Figure 1, height is measured from the starting position, or rest position. For a jump rope, the rest position is the place where the rope is before you shake it. You measure the distance from the rest position to the top of a crest or to the bottom of a trough to find the amplitude of the wave.

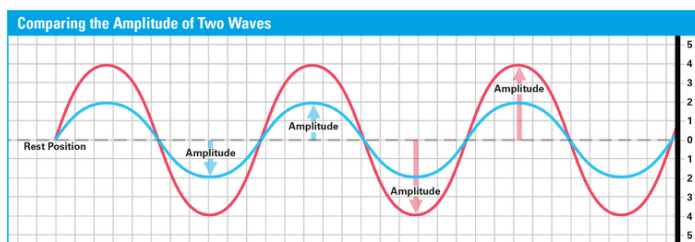


Figure 1

Some waves have taller crests than other waves. The crest of a wave represents the maximum distance that a particle moves away from its rest position as a wave passes through a medium. This distance is the amplitude of the wave.

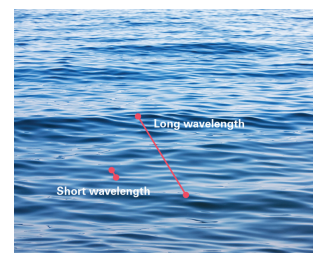
The size of longitudinal waves, such as sound waves, can also be described by amplitude. A sound wave that has a large amplitude is loud, and a sound wave that has a small amplitude is soft. The wave with larger amplitude would have compressions that are more compressed, and have rarefactions that are less compressed.

2. Wavelength

You notice the amplitudes of the waves in the ocean and the waves created by the frog in the pond are not the only difference between

PROPERTIES OF WAVES

them. The distance between the waves made by the frog is shorter, while the distance between the ocean waves is longer. Why do waves with similar amplitudes have such different lengths?



Wavelength is the length of one wave cycle, or the distance from one place on a wave to a corresponding location on another wave. For each water wave, the distance between two peaks is the wavelength of the wave.

Wavelength is the distance between the start of one wave cycle and the start of the next wave cycle. To find the wavelength of a water wave, you would measure the distance between the tops of two neighboring crests. Like amplitude, wavelength is often measured in meters. The peaks of the ripples made by a jumping frog are close together. These ripples have short wavelengths with only a few centimeters between neighboring peaks. But ocean waves may have very long wavelengths with hundreds of meters between peaks. For these waves, you could line up more than ten school buses between the peaks.

To determine the wavelength of a wave, you can start measuring from any part of the wave. You just need to measure the distance from that point to the corresponding point in the next wave cycle. You can measure the wavelength from one crest to the next, or from one trough to the next. Figure 2 shows that no matter where you start your measurement, you will find that the wave has the same wavelength.

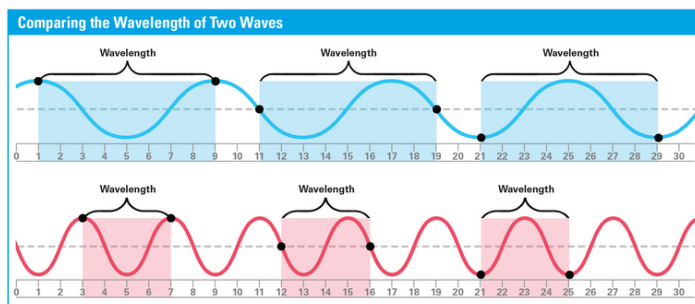


Figure 2

Wavelength is measured from one point on a wave cycle to the same point on the next wave cycle, such as from crest to crest, rest position to rest position, or trough to trough. Here, the blue wave has a greater wavelength than the red wave.

For transverse waves, the wavelength is the length of one S-shape in the wave. The wavelength of a transverse wave tells you whether the crests are close together or far apart. Longitudinal waves, such as sound waves, also have a repeating pattern of compression and rarefactions. The wavelength of a longitudinal wave tells you how close one compression is to the next compression.

Wavelength allows you to compare the lengths of wave cycles for any type of wave. If you know both the wavelength and the amplitude of a wave, you can describe the shape and repeating pattern of wave.

3. Relationships Between Wave Variables

You decide to consider all of the different S-shapes you can make by shaking a rope. You use amplitude to compare the size of the peaks. And you use wavelength to describe the length of the S-shape. Knowing the heights of the peaks does not help you compare the lengths of the wave's S-shapes. Why do you need to use both amplitude and wavelength to describe these waves?



You may recall the transverse waves in a shaking rope can produce several S-shapes or a single S-shape. The two ropes in these images have similar amplitudes but different wavelengths. This is possible because amplitude and wavelength are independent of each other.

For waves, amplitude and wavelength are independent of each other. You can change the wavelength of a wave without changing its amplitude. Similarly, you can change the amplitude without changing the wavelength. You can make a wave in a rope that has a large amplitude and a short wavelength. You can also make another wave that has the same amplitude but a long wavelength. Because amplitude and wavelength do not depend on one another, you need to use both variables to fully describe the repeating pattern of the waves. When variables are independent, one variable does not give you any information about the other variable.

Not all of the variables that can be used to describe waves are independent of each other. The amplitude of a mechanical wave, for example, is related to the amount of energy the wave carries. The larger the amplitude of a wave, the more energy it carries. Since the variables are related, the amplitude also gives you information about the energy of waves.

Key Science Concept

Wavelength and Amplitude

Wavelength and amplitude are two properties that describe the shape of a wave. Amplitude describes the size of the wave's crests and wavelength describes the distance between the crests.

This reading includes an online resource. Login to your subscription to view it.

4. Frequency

Suppose you are standing at the end of a wooden pier looking over the edge at the water waves as they pass by. After 10 seconds go by, 10 wave crests pass beneath you. You know amplitude describes the height of the waves and wavelength describes the length of the waves in one wave cycle. But how do you describe how often a wave cycle occurs?



Frequency, in Hertz, is the number of wave cycles that pass by a point in a second. Each wave cycle of a water wave has one crest. So, you can count the number of wave crests that pass by the end of the pier to find the frequency of the water wave.

Waves are not stationary objects. They are moving through matter, which means they can also be described by how many crests pass. **Frequency** is the number of wave cycles that pass a certain point in a given period of time. It is usually measured in wave cycles per second, or Hertz (Hz). So, if 10 wave crests pass by you in 10 seconds, the frequency of the wave is 1 cycle/second, or 1 Hz. If 20 wave crests pass by you in 10 seconds, the wave's frequency is 2 Hz.

Counting the number of wave crests that pass by in a certain period of time is not the only way you can observe frequency. For sound waves, you hear differences in frequency as pitch. Pitch is how high or low a sound seems. High frequency sound waves have a high pitch, and low frequency sound waves have a low pitch. How can you feel the

PROPERTIES OF WAVES

frequency of a sound wave? If you hold your fingers to the side of your throat and hum, you can feel the differences between a very low sound and a higher sound.

Frequency changes when the wavelength increases or decreases in a given medium. However, frequency stays the same when the amplitude changes. Think of how the wave in a rope changes when you shake it back-and-forth more quickly. When you make the rope move back-and-forth faster, you increase the frequency of the wave. At the same time, the crests of the wave become closer together, so the wavelength decreases. For any wave in a given medium, the wavelength decreases as the frequency increases. Similarly, the wavelength increases as the frequency decreases.

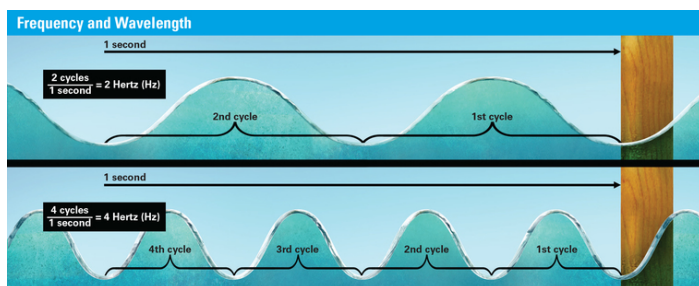


Figure 4

To measure the frequency of a wave, you can count how often a wave crest passes a certain point in a given amount of time. If two crests pass the pier in one second, it has a frequency of 2 Hz. If four crests pass the pier in one second, it has a frequency of 4 Hz.

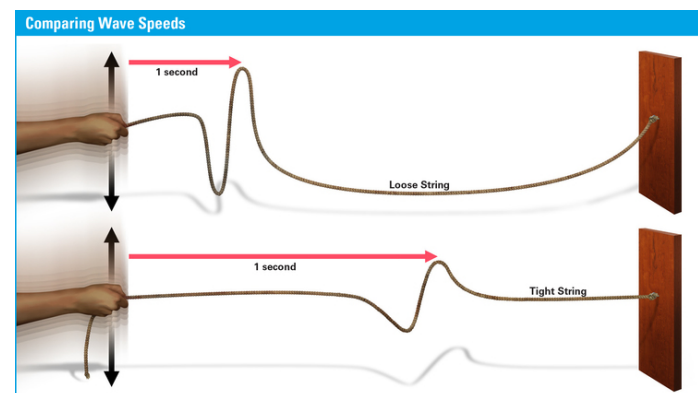
5. Wave Speed

And they're off! Have you ever counted the number of runners crossing the finish line in a race and compared their times? Counting the number of runners who reach the finish line in 10 minutes is similar to determining frequency. While the resulting number tells you how often someone finishes the race, it does not tell you how quickly they ran. To find out a runner's speed, you need to know both the distance they ran as well as the time. Like a runner, a wave also moves at a certain speed through a medium.

PROPERTIES OF WAVES

Like any speed, the speed of a wave tells you how fast the wave moves. When you shake a rope, you can measure the time it takes the resulting wave to reach the other end of the rope. You can also measure the length of the rope, which is the distance the wave travels. The distance divided by the time gives the wave speed. **Wave speed** is the distance a wave moves in a given amount of time. If the wave in the rope travels two meters in two seconds, its wave speed is 1 m/s.

You might expect that shaking a rope faster would change the speed of a wave. However, that will increase the frequency of the wave, but the speed of the wave stays the same. In order to change the speed of the wave, you need to change the properties of the medium. The rope in Figure 5 is pulled tighter in order to increase the speed of the wave. The tighter you pull the rope, the faster the wave will travel. The speed a wave travels through a rope also depends on the other properties of the rope, such as its thickness and material. Because scientists know how the properties of materials affect the wave speed of different kinds of waves, they can predict how fast waves will travel through the different media.



Key Science Concept

Wavelength, Frequency, and Wave Speed Are Dependent on Each Other

Suppose you have a wave generator that allows you to control the wavelength, frequency, and wave speed by turning knobs. You can

PROPERTIES OF WAVES

adjust the wave generator to change the wavelength, frequency, and speed of wave A. Since all these properties of a wave are related, you can use one to influence the others to create different waves. So, turning one knob causes the others to turn as well.

This reading includes an online resource. Login to your subscription to view it.

6. The Wave Relationship

It seems odd that shaking a rope more quickly does not increase the speed of the wave in the rope. How can you use frequency and wavelength in a math equation to calculate whether the speed really remains the same?

Remember that to change the speed of a wave, you must change the properties of the medium. Shaking the rope faster does not change any of the rope's properties. In a given medium, such as a rope, wave speed is constant.

You have seen that frequency, wavelength, and wave speed are all related. In order for wave speed to remain unchanged in the rope, an increase in frequency is accompanied by a decrease in wavelength. This relationship between speed, frequency, and wavelength, called the **wave relationship**, states that wave speed equals the frequency times the wavelength as the equation below shows.

$$\text{wave speed} = \text{frequency} \times \text{wavelength}$$

This relationship between wave speed, frequency, and wavelength is true for any periodic wave, whether it is a wave traveling along a rope or a sound wave traveling through air.

PROPERTIES OF WAVES



LESSON SUMMARY

Properties of Waves

Amplitude Amplitude is a measure of the size of the disturbance in a medium. For transverse waves, it is the distance from the rest position to the crest.

Wavelength Wavelength is the length of one wave cycle, or one complete repeat in the wave pattern. The wavelength for transverse waves is the length of one S-shape in the wave.

Relationships Between Wave Variables The amplitude of a wave can change without changing its wavelength. Similarly, the wavelength can change without changing the amplitude.

Frequency Frequency is the number of wave cycles that pass by in one second. It is a measure of how quickly matter moves back and forth.

Wave Speed Wave speed is the distance a wave travels in a certain amount of time. The speed of a wave depends on the properties of a medium.

The Wave Relationship The wave relationship shows how frequency, wavelength, and wave speed are related and can be represented mathematically as wave speed = frequency $\times$ wavelength. This relationship is true for any periodic wave.

READING FURTHER

PROPERTIES OF WAVES

Catching a Wave

There are few things quite as exciting as riding a wave! Surfers live for a perfect wave—one they can catch at just the right moment and use to glide toward the shore on a glistening wall of water. Sometimes surfers wait moments without end for the perfect wave, bobbing up and down on their surfboards as less desirable waves pass underneath them. Are there any clues to help them choose a good wave?



Experienced surfers have their own lingo they use when describing the properties of the waves they choose to ride. They want to catch a wave that forms a barrel, or the hollow part of a wave, before it breaks.

Learning the Lingo

Believe it or not, good surfers need to understand the scientific properties of waves. These properties include the amplitude, frequency, and speed of a wave. This knowledge helps them judge a wave as it approaches. Experienced surfers consider not only how big and fast the waves are but also how the waves break and peel. These two words are part of the lingo that surfers use to describe properties of waves—words that you probably will not hear in science class when you learn about amplitude and wave speed.

PROPERTIES OF WAVES

What do these surfing terms mean? Most surfers want to catch the wave before it breaks, just before the water rises up and the top crashes forward. They also consider how the wave peels, meaning whether it breaks from left to right or from right to left.

Surfers use more special lingo when they talk about the parts of a wave, such as the *peak*, *face*, and *barrel*. As you might expect, the peak of a breaking wave is its highest point. The face, sometimes called the wall, is the front part of the wave. Experienced surfers often want to drop in down the face of the wave and glide through the barrel. The barrel is the hollow tube that forms in some waves as they break. Advanced technology can predict which waves are likely to form barrels before the waves break. But if surfers learn the characteristics of the beach, they can learn to predict when the best waves will happen.



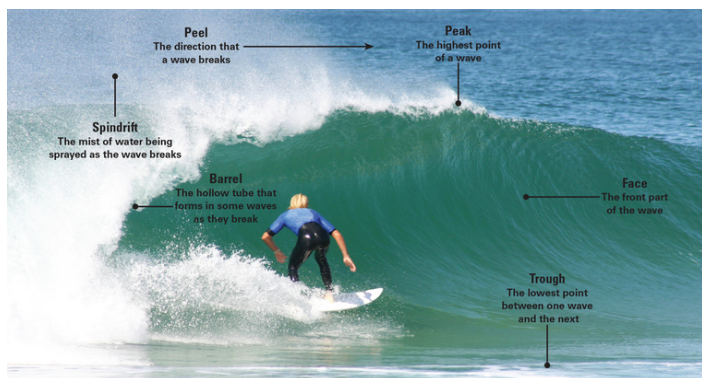
Bodyboards are shorter than surfboards and are usually ridden lying down rather than standing up. People who are learning to bodyboard should look for shorter waves that break slowly.

Wave Height and Speed

When you hear surfers talk about the waves they have conquered, you can be sure they will brag about the height of the waves. You may not hear the term *amplitude* that you learned in science class. Instead of saying that a wave has an amplitude of three meters, surfers might say that it is a *double overhead*. Double overhead means that the wave face is twice as tall as the surfer. Of course, not all surfers want the same wave heights. Professional big-wave surfers might travel the world searching for waves that are about 10 to 20 meters high. Those

PROPERTIES OF WAVES

waves carry a tremendous amount of energy and are way too dangerous for most surfers to ride. Beginner wave riders should try to catch *mushy* waves, which are short waves that break slowly—fun waves when you are just learning to surf.



Surfers choose their favorite waves based on height and speed. This surfer chose a wave that has a peak that is over his head and forms a barrel when it breaks.

Whatever size waves a surfer wants to ride, she needs to be able to catch them. And whether or not she can catch a wave depends on its speed. To catch a wave, she needs to be moving as fast as the wave so that it does not pass her by. When the surfer sees a good wave approaching, she may start paddling toward shore to increase her speed. By the time the surfboard is going over the peak of the wave, she needs to be moving close to the speed of the wave. Then, a little pull from gravity will help her stand and reach the wave's speed as the surfboard drops in over the top of the wave. With some balance and skill, the surfer will be *shooting the curl*!

The Best Breaks

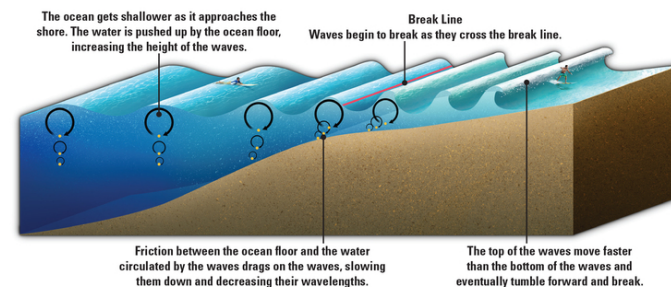
Wave riders are choosy about the beaches where they surf. They are looking for the height and speed of the waves. And they want to go where they can catch a good wave break. Experienced surfers travel to places like Reef Road in Florida, Steamer Lane in California, and Banzai Pipeline in Hawaii, just to catch a wave at some of these legendary

PROPERTIES OF WAVES

surfing locations.

Catching a good wave break takes patience. Surfers first paddle out past the *break line*, where the waves begin to break. They wait there until they see a wave they want to ride, and then they start to paddle back toward shore to catch the wave as it breaks.

Waves break as they enter shallow water near the shore. Unlike in the deep ocean, the moving water near the shore reaches the ocean floor. The changes that occur when moving water comes into contact with the ocean floor cause waves to break.



Waves break near the shore because they come into contact with the ocean floor. The waves get taller and tilt forward until they topple over.

Wave height and speed also change near the shore. The wave height increases as the water is pushed up by the ocean floor. The wave speed decreases, so its wavelength also decreases and the peaks get closer together. The wave leans forward because the bottom of the wave slows down more than its top. As it continues, the wave grows taller and tilts forward more. Finally, the crest of the wave topples forward and the wave breaks.

How a wave breaks depends on the slope of the ocean floor. Mushy waves are likely to form where the ocean floor slopes gently to the beach causing the waves to change gradually and break gently. Surfers crave curling waves with barrels that form where the ocean floor rises moderately to the beach. Surfers may not know what the ocean floor looks like underneath them, but they know where to go to find the waves they want to ride.

PROPERTIES OF WAVES

The Surf Report

Surfers know exactly the kind of waves they want, but there is no guarantee that these waves will be there every day. Luckily there is a way for surfers to find out which days, and even which times of day, the best waves should arrive at different beaches. They can read the surf report in the newspaper or on the Internet.



Surf forecasts can be used by surfers to help them decide when they should visit the beach. Surf forecasts can also be used to plan surfing competitions.

Even though most wave riders do not realize it, they have Walter Munk to thank for the surf report. As you read in Lesson 1, Munk helped to develop a model to forecast waves. And the surf report is just that—a wave forecast. Like Munk, other surf forecasters follow waves around the oceans. However, they have the help of fast computers that did not exist in the mid-1900s when Munk tracked waves across the Pacific Ocean. Modern surf forecasters can use computer models to predict the location and size of waves all over the world.

Surf reports include wave properties that are important to surfers, such as the time between wave peaks and the height of the waves. The

PROPERTIES OF WAVES

reports also include information such as wind conditions and the direction that the waves are approaching the beach. This information helps surfers predict if waves will break the way they want.

Riding a great wave provides thrilling moments of freedom and fun. But now you know that a lot of information—and science— goes into finding the best waves.



Properties of Waves

OBSERVING PHENOMENA

Phenomenon: Huge waves form at Mavericks, and scientists, surfers, and weather forecasters can predict when they will occur up to 48 hours in advance.

- 1. What questions do you have about this phenomenon?



Mavericks, California

INVESTIGATION 1

- 1. Record each of the differences between the waves you experienced during the game that you come up with.

Difference Between Waves	Scientific Term	Definition (in your own words)

2. Can changing one property of a wave cause the other properties to change?

3. Record three questions you have about the properties of waves.

-
-
-

1 - Amplitude



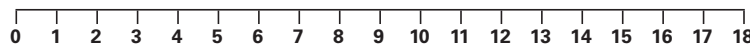
1. Record the amplitude of each of the waves shown.

Wave	Amplitude

2 - Wavelength



1. Draw a wave with a wavelength of six units.



INVESTIGATION 2

1. Choose a role for each member of your group.

Role	Responsibilities	Group Member
Experiment Designer	You will lead the group in designing your experiment and making sure your groups experimental design is complete before you begin gathering data.	
Experiment Director	You will lead the group in conducting your experiment, and ensure that group members are properly measuring the independent and dependent variables.	
Error Analyst	You will lead the group in identifying sources of random and systematic error in your experiment.	
Data Analyst	You will lead the group in graphing and the data you collect and identifying patterns in the data.	

2. What sources of random error were there in your experiment?

3. How large of an impact did random error have in your experiment?

4. What sources of systematic error were there in your experiment?

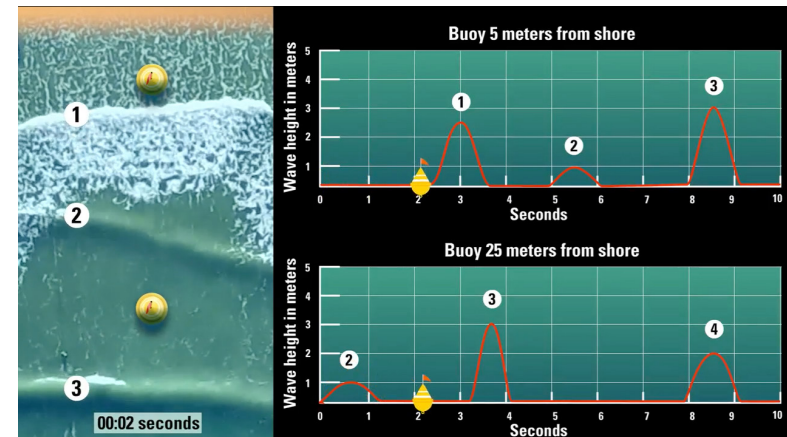
5. How large of an impact did systematic error have in your experiment?

6. If you were going to repeat your experiment, what changes would you make to your experimental design to minimize the effects of random and systematic error on your results?

7. Construct a graph of your data. Plot your independent variable on the x-axis and your dependent variable on the y-axis. Your graph should include a title and labels (including units) on both axes.



8. What patterns, if any, do you see in your data?
9. What relationship between your variables does that pattern indicate?
10. What pattern, if any, do you see in Guillermo's data?
11. Is there a relationship between the variables that Guillermo measured?



12. Calculate the following properties of the waves that Guillermo measured.

Property	Measured Value	How I calculated this measurement
Average amplitude		
Frequency		
Wave speed		
Wavelength		

3 - Relationships Between Wave Variables



1. Draw a wave with a longer wavelength and the same amplitude as the wave shown. Then draw a second wave with a larger amplitude and the same wavelength as the wave shown.

First wave



Longer wavelength, same amplitude

Larger amplitude, same wavelength

4 - Frequency



1. Calculate the frequency of each of the waves below. Make sure to include units in your answers.

Number of Wave Crests	Amount of Time	Frequency
10	10 s	
60	15 s	
3	2 s	
15	60 s	

5 - Wave Speed



1. Express the wave speed of each wave described below in meters per second.

Wave	Wave speed
A wave travels through a 2 meter rope in 1 second.	
A tsunami crosses 1,000 meters of ocean in 62.5 seconds.	
The sound of a batter hitting a baseball reaches the back of the stands, 150 meters away, in 0.44 seconds.	

6 - The Wave Relationship



1. If the frequency of a wave increases from 2 Hz to 4 Hz without the wavelength changing, how will the wave speed change?

MAKING SENSE OF PHENOMENA

Phenomenon: Huge waves form at Mavericks, and scientists, surfers, and weather forecasters can predict when they will occur up to 48 hours in advance.

1. Use what you have learned to explain this phenomenon.



Propiedades de las ondas

¿Cómo se describen los patrones repetidos de las ondas?

Introducción



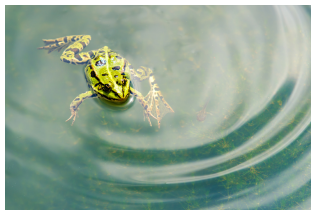
Las rocas azules forman un camino que se pierde en la distancia. ¡Plaf! Un pez parece salir de abajo de una de las rocas y saltar hacia otra. Lo que en realidad ves es el reflejo de unas rocas cercanas y del cielo sobre las ondas del agua de un lago. Las “rocas” azules son, en realidad, reflejos del cielo que forman un patrón repetido en las ondas. Cualquier onda mecánica, desde las ondas en el agua hasta una cuerda en movimiento, produce un patrón de movimiento repetido a medida que traslada energía de un lugar a otro. ¿Cómo puedes usar las propiedades de este patrón repetido para describir ondas como las que aparecen en la imagen?

Podrías decir que las ondas de la imagen son suaves, ya que sus crestas no son muy altas. Podrías afirmar, por otro lado, que las partes azules del reflejo están cerca unas de otras debido a la poca distancia que hay entre las crestas de las ondas. En contraste, algunas ondas del océano, u olas, pueden llegar a ser más altas que una casa, y entre sus crestas puede haber grandes distancias. La altura

PROPERTIES OF WAVES

de los picos de las ondas y la distancia que hay entre ellos son apenas dos de las formas en las que pueden variar los patrones de movimiento de diferentes ondas.

En esta lección, aprenderás a describir los patrones de movimiento de los tipos de ondas sobre los que ya has aprendido. Estudiarás propiedades que se pueden medir y usar para comparar ondas de todo tipo. Después, aprenderás por qué esas propiedades se relacionan matemáticamente. Por último, usarás esas propiedades mientras estudias las ondas para poder analizarlas y compararlas.



Cuando una rana produce una pequeña perturbación en el agua, la onda resultante tiene una amplitud pequeña. Una onda tiene una amplitud pequeña porque las partículas de agua se desplazan solo una distancia corta antes de volver a su posición inicial.

1. Amplitud

Supón que tuvieras que describir el tamaño de las ondas de un océano en calma. Podrías decir que son pequeñas. Probablemente, también dirías que son pequeñas las ondas que crea una rana al saltar a una laguna. Pero, en general, las ondas, u olas, del océano en calma son mucho más grandes que las de la laguna. ¿Cómo puedes describir el tamaño de las ondas para diferenciar unas de otras?

Una forma de describir el tamaño de las ondas es mediante una propiedad llamada amplitud. La **amplitud** es el tamaño de las crestas o los valles de una onda. Para una onda mecánica, la amplitud describe la distancia que recorre una

PROPERTIES OF WAVES

partícula antes de volver al punto de partida. Dado que la amplitud es una distancia, por lo general se mide en metros. Por ejemplo, la onda que produce una rana que salta a una laguna podría tener una amplitud aproximada de 1 cm. De manera similar, una brisa suave podría producir ondas en el océano con amplitudes que rondan los 30 cm. En los dos casos, las partículas de agua solo recorren una distancia corta antes de volver al punto de partida.

Para una onda transversal, como la onda que atraviesa una cuerda, la amplitud es la altura de la onda. ¿Qué sucede cuando sacudes una cuerda de saltar con grandes movimientos hacia arriba y hacia abajo en comparación a cuando lo haces con movimientos pequeños? Cuando los movimientos son grandes, en la cuerda se forma un patrón con forma de S, con crestas y valles altos. Cuando los movimientos son pequeños, el patrón con forma de S tiene crestas y valles pequeños.

Recuerda: en las ondas periódicas se observan patrones repetidos. Por lo tanto, la altura de cualquier cresta es igual a la profundidad de cualquier valle. En la Figura 1, la altura se mide desde la posición inicial, o posición de equilibrio. Cuando se trata de una cuerda de saltar, la posición inicial es el lugar donde está la cuerda antes de que comiences a sacudirla. Para hallar la amplitud de la onda, debes medir la distancia que hay entre la posición de equilibrio y la parte más alta de una cresta o más baja de un valle.

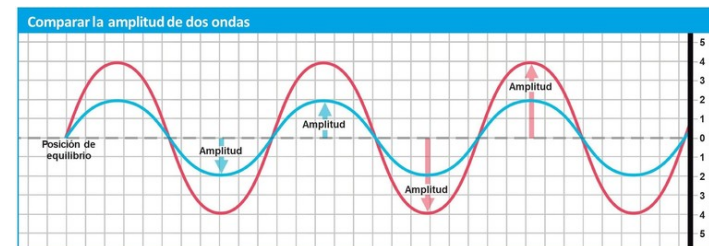


Figura 1

Algunas ondas tienen crestas más altas que otras. La cresta de una onda representa la distancia máxima que una partícula se aleja de su punto de equilibrio cuando la onda atraviesa un medio. Esa distancia es la amplitud de la onda.

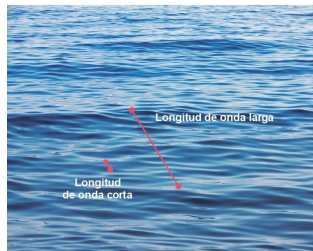
El tamaño de las ondas longitudinales, como las ondas sonoras, también se

PROPERTIES OF WAVES

puede describir mediante la amplitud. Si la onda sonora tiene una amplitud grande, el sonido es fuerte; si tiene una amplitud pequeña, el sonido es suave. En la onda de mayor amplitud, las compresiones estarían más comprimidas y las rarefacciones, menos comprimidas.

2. Longitud de onda

Habrás notado que la amplitud no es la única diferencia que hay entre las ondas del océano y las ondas que se forman cuando la rana salta a una laguna. La distancia entre las ondas que produce la rana es más corta que la distancia que hay entre las ondas del océano. ¿Cómo es posible que las ondas con amplitudes similares tengan longitudes tan diferentes?



La longitud de onda es la longitud de un ciclo de onda, o la distancia que hay entre un lugar de la onda y el punto correspondiente de otra onda. En todos los tipos de onda, la distancia que hay entre dos picos es la longitud de onda.

La **longitud de onda** es la distancia que hay entre el comienzo del ciclo de una onda y el comienzo del ciclo de la onda siguiente. Para hallar la longitud de una onda en el agua, debes medir la distancia que hay entre los picos de dos crestas vecinas. Al igual que sucede con la amplitud, la longitud de onda se suele medir en metros. Los picos de las ondas producidas por una rana que salta están más cerca unos de otros. Esas ondas tienen una longitud de onda corta, dado que hay solo unos pocos centímetros entre los picos vecinos. Pero las ondas del océano

PROPERTIES OF WAVES

pueden tener una longitud de onda muy larga, con cientos de metros de distancia entre los picos. Para darte una idea, en el caso de esas ondas, podrías alinear más diez autobuses escolares entre pico y pico.

Para determinar la longitud de onda, puedes comenzar a medir desde cualquier parte de la onda. Solo debes medir la distancia que hay entre ese punto y el punto correspondiente del siguiente ciclo de onda. Puedes medir la longitud de onda de una cresta a la cresta siguiente, o de un valle al siguiente. En la Figura 2, se muestra que, sin importar dónde empieces a medir, hallarás que la onda tiene la misma longitud de onda.

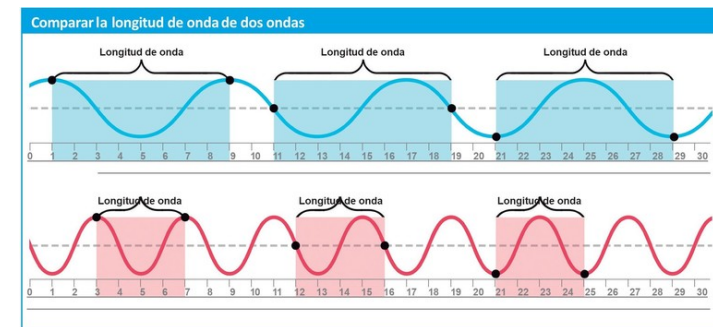


Figura 2

La longitud de onda se mide desde un punto de un ciclo de onda hasta el mismo punto del ciclo de onda siguiente; por ejemplo, de cresta a cresta, de posición de equilibrio a posición de equilibrio, o de valle a valle. Aquí, la onda azul tiene una longitud de onda mayor que la onda roja.

Para las ondas transversales, la longitud de onda es la longitud de una forma de S en la onda. La longitud de onda de una onda transversal te indica si las crestas están cerca o lejos unas de otras. Las ondas longitudinales, como las ondas sonoras, también tienen patrones repetidos de compresiones y rarefacciones. La longitud de onda de una onda longitudinal te indica cuán cerca está una compresión de la siguiente.

La longitud de onda te permite comparar las longitudes de los ciclos de onda para todo tipo de ondas. Si conoces tanto la longitud como la amplitud de una onda, puedes describir la forma y el patrón repetido de esa onda.

3. Relaciones entre las variables de las ondas

Quieres investigar cuántas formas de S distintas puedes producir al sacudir una cuerda. Usas la amplitud para comparar el tamaño de los picos. Y usas la longitud de onda para describir la longitud de la forma de S. Conocer la altura de los picos no te ayuda a comparar las longitudes de las formas de S de la onda. ¿Por qué necesitas usar tanto la amplitud como la longitud de onda para describir estas ondas?



Quizá recuerdes que las ondas transversales de una cuerda en movimiento pueden producir varias formas de S o una sola forma de S. Las dos cuerdas de estas imágenes tienen una amplitud similar, pero su longitud de onda es distinta. Esto es posible porque la amplitud y la longitud de onda son independientes una de otra.

En las ondas, la amplitud y la longitud de onda son independientes una de otra. La longitud de onda puede cambiar sin que cambie la amplitud. De igual modo, la amplitud puede cambiar sin que cambie la longitud. Así, con una cuerda puedes producir una onda que tenga una amplitud grande y una longitud de onda corta. También puedes producir otra onda que tenga la misma amplitud pero una

longitud de onda larga. Como la amplitud y la longitud de onda no dependen una de otra, necesitas usar las dos variables para describir por completo el patrón repetido de las ondas. Cuando las variables son independientes, una variable no aporta ninguna información sobre la otra.

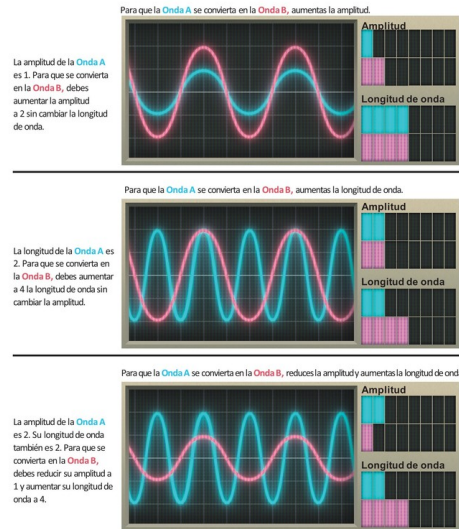
No todas las variables que se pueden usar para describir las ondas son independientes entre sí. La amplitud de una onda mecánica, por ejemplo, está relacionada con la cantidad de energía que transporta la onda. Cuanto mayor es la amplitud de onda, más energía transporta la onda. Como esas variables están relacionadas, la amplitud también te da información acerca de la energía de las ondas.

Concepto científico clave

Longitud de onda y amplitud

La longitud de onda y la amplitud son independientes entre sí; es decir, dos ondas con una longitud de onda similar podrían no tener la misma amplitud. De igual modo, dos ondas con la misma amplitud no siempre tendrán la misma longitud de onda. En las siguientes gráficas, se muestran la amplitud y la longitud de onda de dos ondas: **Onda A** y **Onda B**. Observa cada gráfica. ¿Qué puedes hacer para que la **Onda A** se convierta en la **Onda B**?

PROPERTIES OF WAVES



4. Frecuencia

Supón que estás parado al final de un muelle de madera, mirando las ondas que se forman en el agua. Después de 10 segundos, pasan 10 crestas de onda delante de tus ojos. Sabes que la amplitud describe la altura de las ondas y que la longitud de onda describe la longitud de las ondas en un ciclo de onda. Pero ¿cómo describes cuán a menudo ocurre un ciclo de onda?

PROPERTIES OF WAVES



La frecuencia, medida en hercios, es el número de ciclos de onda que pasan por un punto en un segundo. Cada ciclo de onda de una onda de agua tiene una cresta. Por lo tanto, puedes contar el número de crestas de onda que pasan frente al muelle para hallar la frecuencia de la onda de agua.

Las ondas no son objetos inmóviles. Se mueven a través de la materia, es decir que también se pueden describir teniendo en cuenta cuántas crestas pasan. La **frecuencia** es el número de ciclos de onda que pasan por un cierto punto en un período de tiempo dado. A menudo se expresa en ciclos de onda por segundo, o hercios (Hz). Entonces, si frente a ti pasan 10 crestas de onda en 10 segundos, la frecuencia de la onda es 1 ciclo/ segundo, o 1 Hz. Si frente a ti pasan 20 crestas de onda en 10 segundos, la frecuencia de la onda es 2 Hz.

Contar el número de crestas de onda que pasan en un cierto período de tiempo no es la única manera de observar la frecuencia. En el caso de las ondas

PROPERTIES OF WAVES

sonoras, oyes las diferencias de frecuencia en la altura tonal. La altura tonal es cuán agudo o grave parece un sonido. Las ondas sonoras de alta frecuencia son agudas y las ondas sonoras de baja frecuencia son graves. ¿Cómo puedes sentir la frecuencia de una onda sonora? Si te tocas con los dedos el costado de la garganta y tarareas, podrás sentir las diferencias entre un sonido muy grave y un sonido más agudo.

La frecuencia cambia cuando la longitud de onda aumenta o disminuye en un medio dado. Sin embargo, la frecuencia permanece igual cuando cambia la amplitud. Piensa en cómo cambia la onda de una cuerda cuando la sacudes hacia adelante y hacia atrás con más rapidez. Cuando haces que la cuerda se mueva así, aumentas la frecuencia de la onda. A la vez, las crestas de la onda se acercan más, por lo que la longitud de onda disminuye. Para cualquier onda en un medio dado, la longitud de onda disminuye a medida que aumenta la frecuencia. De modo similar, la longitud de onda aumenta a medida que la frecuencia disminuye.

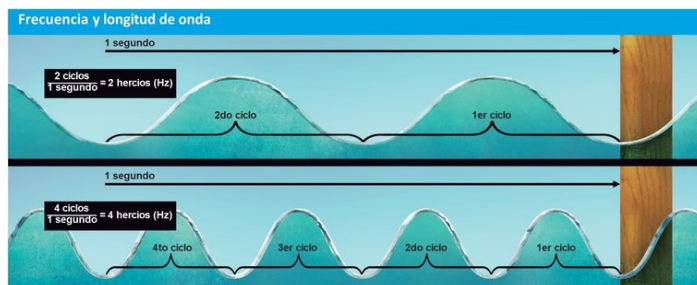


Figura 4

Para medir la frecuencia de una onda, puedes contar cuán a menudo pasa una cresta de onda por un cierto punto en una determinada cantidad de tiempo. Si por el muelle pasan dos crestas en un segundo, la frecuencia es 2 Hz. Si por el muelle pasan cuatro crestas en un segundo, la frecuencia es 4 Hz.

5. Rapidez de onda

¡Aquí vienen! ¿Contaste alguna vez el número de corredores que cruzan la línea de llegada en una carrera para comparar sus tiempos? Contar el número de corredores que alcanzan la línea de llegada en 10 minutos es similar a

PROPERTIES OF WAVES

determinar la frecuencia. Si bien el número resultante te indica cuán a menudo alguien termina la carrera, no te indica con qué rapidez corren esos atletas. Para averiguar la rapidez de un corredor, debes conocer tanto la distancia como el tiempo que corrió. Al igual que un corredor, una onda también se mueve con una determinada rapidez a través de un medio.

Como sucede con cualquier tipo de rapidez, la rapidez de una onda te indica cuán rápido se mueve. Cuando sacudes una cuerda, puedes medir el tiempo que tarda la onda que se formó en llegar al otro extremo de la cuerda. También puedes medir la longitud de la cuerda, que es la distancia que recorre la onda. La distancia dividida entre el tiempo es igual a la rapidez de la onda. La **rapidez de onda** es la distancia que recorre una onda en una cantidad de tiempo dada. Si la onda de la cuerda recorre dos metros en dos segundos, su rapidez de onda es 1 m/s.

Tal vez pienses que sacudir más rápido la cuerda cambiará la rapidez de la onda. Sin embargo, aunque eso aumente la frecuencia de la onda, su rapidez permanecerá igual. Para cambiar la rapidez de la onda, debes cambiar las propiedades del medio. En la Figura 5, se ha tensado más la cuerda para que aumente la rapidez de la onda. Cuanto más tensas la cuerda, más rápido viaja la onda. La rapidez con la que una onda viaja a través de una cuerda depende también de las demás propiedades de la cuerda, como el espesor y el material del que está hecha. Como los científicos saben cómo las propiedades de los materiales influyen en la rapidez de diferentes tipos de ondas, pueden predecir con qué rapidez viajarán las ondas a través de diferentes medios.

PROPERTIES OF WAVES

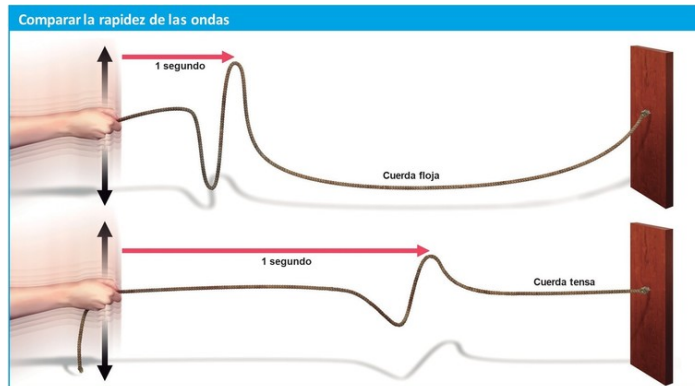


Figura 5

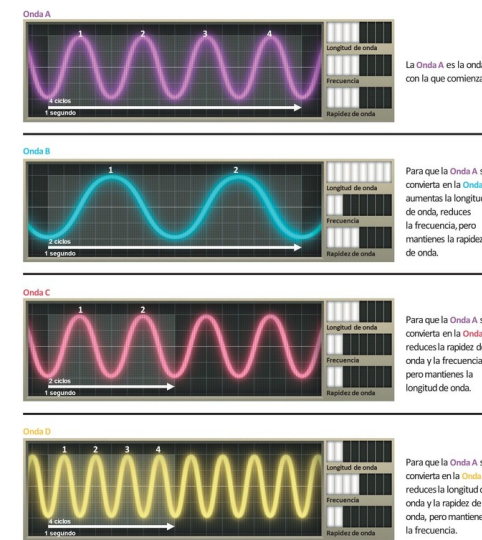
La rapidez de onda es la distancia que recorre una onda en una cantidad de tiempo dada. La onda de abajo tiene una rapidez de onda mayor que la onda de arriba porque recorrió más distancia en la cuerda en 1 segundo. La onda de abajo viaja más rápido que la onda de arriba porque la cuerda está más tensa.

Concepto científico clave

La longitud de onda, la frecuencia y la rapidez de onda dependen unas de otras

Supón que tienes un generador de ondas que te permite controlar la longitud de onda, la frecuencia y la rapidez de onda con solo girar unas perillas. Puedes ajustar el generador de ondas para cambiar la longitud de onda, la frecuencia y la rapidez de la onda A. Como estas propiedades de una onda están relacionadas, puedes usar una de ellas para influir en las otras y así crear distintas ondas. Así, al mover una perilla, haces que las demás perillas también se muevan.

PROPERTIES OF WAVES



6. La ecuación de onda

Parece extraño que sacudir una cuerda más rápido no aumente la rapidez de la onda en la cuerda. ¿Cómo puedes usar la frecuencia y la longitud de onda en una ecuación matemática para calcular si la rapidez realmente permanece igual?

Recuerda que, para cambiar la rapidez de una onda, debes cambiar las propiedades del medio. Sacudir la cuerda más rápido no cambia ninguna de las propiedades de la cuerda. En un medio dado, como la cuerda, la rapidez de onda es constante.

Has visto que la frecuencia, la longitud de onda y la rapidez de onda están relacionadas. Para que la rapidez de la onda se mantenga igual en la cuerda, un aumento de la frecuencia va acompañado de una disminución de la longitud de onda. Esta relación entre la rapidez, la frecuencia y la longitud de onda, llamada **ecuación de onda**, establece que la rapidez de onda es igual a la frecuencia por la longitud de onda, como se muestra en la siguiente ecuación.

$$\text{rapidez de onda} = \text{frecuencia} \times \text{longitud de onda}$$

PROPERTIES OF WAVES

Esta relación entre la rapidez de onda, la frecuencia y la longitud de onda es verdadera para cualquier onda periódica, ya sea que se trate de una onda que viaja por una cuerda o de una onda sonora que viaja por el aire.



RESUMEN DE LA LECCIÓN

Propiedades de las ondas

Amplitud La amplitud es una medida del tamaño de la perturbación en un medio. Para las ondas transversales, es la distancia que hay entre la posición de equilibrio y la cresta.

Longitud de onda La longitud de onda es la longitud de un ciclo de onda, o una repetición completa del patrón de onda. La longitud de onda para las ondas transversales es la longitud de una forma de S en la onda.

Relaciones entre las variables de las ondas La amplitud de una onda puede cambiar sin que cambie su longitud de onda. De modo similar, la longitud de onda puede cambiar sin que cambie su amplitud.

Frecuencia La frecuencia es el número de ciclos de onda que pasan en un segundo. Es una medida de cuán rápido se mueve la materia hacia adelante y hacia atrás.

Rapidez de onda La rapidez de onda es la distancia que recorre una onda en una cantidad determinada de tiempo. La rapidez de una onda depende de las propiedades del medio.

PROPERTIES OF WAVES

La ecuación de onda La ecuación de onda muestra cómo se relacionan la frecuencia, la longitud de onda y la rapidez de onda, y se puede representar matemáticamente como $\text{rapidez de onda} = \text{frecuencia} \times \text{longitud de onda}$. Esta relación es verdadera para cualquier onda periódica.

LEER MÁS A FONDO

Atrapar una ola

¡Hay pocas cosas tan emocionantes como surfear una ola! Los surfistas viven para encontrar una ola perfecta, una que puedan atrapar en el momento justo y usar para deslizarse hasta la orilla sobre una brillante pared de agua. A veces, los surfistas esperan durante ratos interminables para encontrar la ola perfecta, subiendo y bajando en la tabla de surf mientras por debajo de ellos pasan olas menos deseables. ¿Hay pistas que los ayuden a elegir una buena ola?



Los surfistas experimentados tienen su propia jerga para describir las propiedades de las olas que eligen para surfear. Quieren atrapar una ola que forme un tubo, o un pasaje hueco, antes de romper.

Aprender la jerga

Lo creas o no, los buenos surfistas necesitan entender las propiedades científicas

PROPERTIES OF WAVES

de las ondas. Esas propiedades incluyen la amplitud, la frecuencia y la rapidez de las ondas. Este conocimiento los ayuda a evaluar una ola, que es una onda en el mar, cuando esta se acerca. Los surfistas experimentados no solo tienen en cuenta lo grandes y rápidas que son las olas, sino también cómo rompen y cuál es la dirección del swell. Esas dos palabras son parte de la jerga que usan los surfistas para describir las propiedades de las olas, y palabras que probablemente no escuches en la clase de ciencias cuando aprendes sobre la amplitud y la rapidez de las ondas.

¿Qué significan esos términos surfistas? La mayoría de los surfistas quiere atrapar la ola antes de que rompa, justo antes de que el agua se eleve y la parte más alta caiga hacia adelante. También tienen en cuenta en qué dirección rompe la ola, es decir, si rompe de izquierda a derecha o de derecha a izquierda.

Los surfistas usan más jerga especial cuando hablan de las partes de una ola, como el *pico*, la *cara* y el *tubo*. Como podrías esperar, el pico de una ola es su punto más alto. La cara, a veces llamada pared, es la parte frontal de la ola. A menudo, los surfistas experimentados quieren entrar en la ola por la cara y deslizarse por el tubo. El tubo es el pasaje hueco que se forma en algunas olas mientras rompen. La tecnología avanzada permite predecir qué olas probablemente formen tubos antes de romper. Pero, si conocen las características de la playa, los surfistas pueden aprender a predecir cuándo aparecerán las mejores olas.

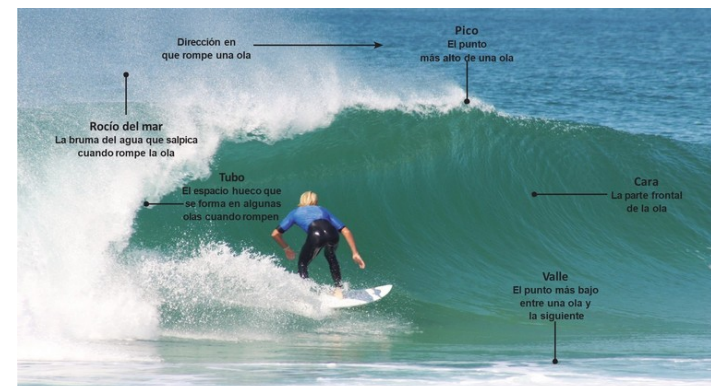


Las tablas *bodyboard* son más cortas que las tablas de surf y, en general, la persona va acostada en vez de parada. Quienes están aprendiendo a hacer *bodyboard* deben buscar olas más cortas que rompan lento.

PROPERTIES OF WAVES

Altura y velocidad de las olas

Cuando los surfistas hablan de las olas que han conquistado, suelen presumir sobre la altura que tenían esas olas. Es posible que no usen el término *amplitud* que aprendiste en la clase de ciencias. En vez de decir que una ola tiene una amplitud de tres metros, los surfistas dirían que se trata de una *ola doble*. En una ola doble, la cara de la ola tiene el doble de altura que el surfista. Por supuesto, no todos los surfistas quieren olas de la misma altura. Los surfistas profesionales de olas grandes suelen viajar por el mundo en busca de olas que midan de 10 a 20 metros de alto. Esas olas transportan una cantidad tremenda de energía y son demasiado peligrosas para la mayoría de los surfistas. Los surfistas principiantes deben intentar atrapar olas blandas, es decir, olas cortas que rompen lento: olas divertidas para quien está aprendiendo a surfear.



Los surfistas eligen sus olas favoritas basándose en la altura y la velocidad. Este surfista eligió una ola con un pico que lo sobrepasa y que forma un tubo cuando rompe.

Cualquiera sea el tamaño de las olas que quiere surfear, una surfista debe poder atraparlas. Y el hecho de que pueda o no pueda atrapar una ola depende de la velocidad de la ola. Para atrapar una ola, la surfista necesita moverse tan rápido como la ola para que esta no la pase de largo. Cuando ve que se acerca una buena ola, la surfista puede empezar a remar hacia la costa para aumentar su velocidad. Cuando la tabla de surf está pasando por encima del pico de la ola, la

PROPERTIES OF WAVES

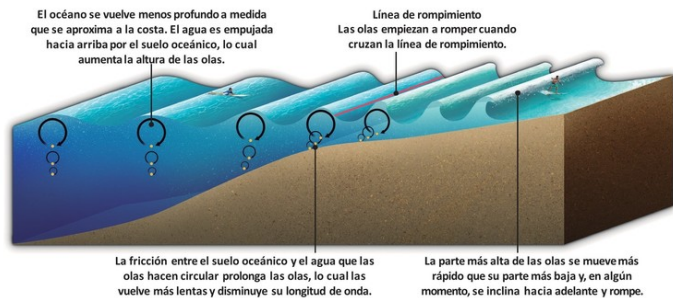
surfista se debe estar moviendo a una velocidad cercana a la rapidez de la ola. Después, un pequeño impulso hacia arriba la ayudará a pararse y a alcanzar la rapidez de la ola mientras la tabla cae por la cresta. ¡Con un poco de equilibrio y habilidad, la surfista llegará a *hacer un tubo*!

Las mejores olas

Los surfistas son selectivos con las playas. Se fijan en la altura y la rapidez de las olas, y en que rompan bien. Los surfistas experimentados van a lugares como Reef Road en Florida, Steamer Lane en California y Banzai Pipeline en Hawái, solo para atrapar una ola en esos lugares legendarios.

Se necesita paciencia para atrapar una ola que rompa bien. Primero hay que remar hasta pasar la *línea de rompimiento*, donde las olas comienzan a romper. Si hay una buena ola, reman hacia la orilla para atraparla mientras rompe.

Las olas rompen en las aguas poco profundas cercanas a la costa. El agua en movimiento que está cerca de la costa llega al suelo oceánico, no como ocurre en el océano profundo. La ola rompe por los cambios que ocurren cuando el agua en movimiento entra en contacto con el suelo oceánico.



Las olas rompen cerca de la costa porque entran en contacto con el suelo oceánico. Se vuelven más altas y se inclinan hacia adelante hasta que caen.

La altura y la rapidez de las olas también cambian cerca de la costa. La altura aumenta cuando el suelo oceánico empuja el agua hacia arriba. La rapidez de la ola disminuye, así que la longitud de onda también disminuye, y los picos se

PROPERTIES OF WAVES

acercan más. La ola se inclina hacia adelante porque su parte inferior se vuelve más lenta que su parte superior. A medida que avanza, la ola es más alta y se inclina más hacia adelante. Luego, la cresta cae hacia adelante y la ola rompe.

Cómo rompe una ola depende de la pendiente del suelo oceánico. Las olas blandas se forman donde el suelo oceánico tiene una pendiente suave, por lo que las olas cambian gradualmente y rompen con suavidad. Los surfistas anhelan las olas rizadas con tubos que se forman donde el suelo oceánico se eleva moderadamente hacia la playa. Los surfistas quieren olas con tubos, que se forman donde el suelo oceánico se eleva apenas hacia la playa. Pueden no saber cómo es el suelo oceánico debajo de ellos, pero sí dónde están las mejores olas.

El informe de surf

Los surfistas saben exactamente el tipo de olas que quieren, pero no hay garantía de que las encuentren todos los días. Por suerte, hay una manera de que averigüen qué días, e incluso en qué momentos del día, llegarán las mejores olas a diferentes playas. Pueden leer el informe de surf en el periódico o en Internet.

PROPERTIES OF WAVES



Los surfistas pueden usar los pronósticos de surf para decidir cuándo ir a la playa. Los pronósticos de surf también se pueden usar para planear competencias de surf.

Aunque la mayoría de los surfistas no lo saben, deberían agradecerle a Walter Munk por el informe de surf. Como leíste en la Lección 1, Munk ayudó a desarrollar un modelo para pronosticar las olas. El informe de surf es justamente eso: un pronóstico de olas. Al igual que Munk, otros pronosticadores de surf hacen un seguimiento de las olas alrededor de los océanos. Sin embargo, cuentan con la ayuda de rápidas computadoras que no existían a mediados del siglo XX, cuando Munk rastreaba las olas por el océano Pacífico. Los pronosticadores de surf de la actualidad pueden usar modelos computarizados para predecir la ubicación y el tamaño de las olas en todo el mundo.

Los informes de surf incluyen propiedades de las olas que son importantes para los surfistas, como el tiempo entre los picos y la altura de las olas. Los informes también incluyen información como las condiciones del viento y la dirección de las olas que se aproximan a la playa. Esta información permite a los surfistas predecir si las olas romperán de la manera que ellos quieren.

Surfear una gran ola brinda momentos emocionantes de libertad y diversión. Pero

PROPERTIES OF WAVES

ahora sabes que se usa mucha información, y también ciencia, para encontrar las mejores olas.



Propiedades de las ondas

OBSERVAR FENÓMENOS

Fenómeno: En Mavericks se forman olas enormes, y los científicos, los surfistas y los meteorólogos pueden predecir cuándo ocurrirán con hasta 48 horas de anticipación.

1. ¿Qué preguntas tienes sobre este fenómeno?



Mavericks, California

INVESTIGACIÓN 1

1. Anota todas las diferencias entre las ondas que experimentaste durante el juego que jugaron en clase.

Diferencia entre las ondas	Término científico	Definición (con tus propias palabras)

2. Al cambiar una de las propiedades de una onda, ¿cambiarán también las otras propiedades?

3. Anota tres preguntas que tengas sobre las propiedades de las ondas.

-
-
-

1 - Amplitud



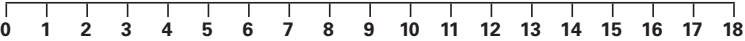
1. Anota la amplitud de cada una de las ondas que se muestran.

Onda	Amplitud

2 - Longitud de onda



1. Dibuja una onda con una longitud de onda de seis unidades.



INVESTIGACIÓN 2

1. Elijan un rol para cada miembro del grupo.

Rol	Responsabilidades	Miembro del grupo
Diseñador del experimento	Dirigirás al grupo en el diseño del experimento y te asegurarás de que el diseño experimental esté completo antes de que comiencen a reunir los datos.	
Director del experimento	Dirigirás al grupo en la realización del experimento, y te asegurarás de que los miembros del grupo midan correctamente las variables independientes y dependientes.	
Analista de errores	Dirigirás al grupo en la identificación de las fuentes de errores aleatorios y sistemáticos en tu experimento.	
Analista de datos	Dirigirás al grupo en la representación gráfica de los datos reunidos y la identificación de patrones en los datos.	

2. ¿Qué fuentes de errores aleatorios hubo en tu experimento?

3. ¿Cómo impactaron los errores aleatorios en tu experimento?

4. ¿Qué fuentes de errores sistemáticos hubo en tu experimento?

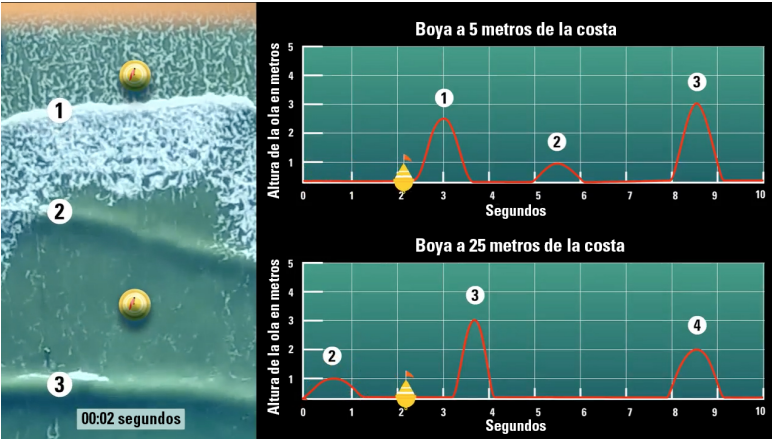
5. ¿Cómo impactaron los errores sistemáticos en tu experimento?

6. Si repitieras el experimento, ¿qué cambios introducirías en tu diseño experimental para minimizar los efectos de los errores aleatorios y sistemáticos sobre los resultados?

7. Haz una gráfica con tus datos. Marca tu variable independiente en el eje x y tu variable dependiente en el eje y . Tu gráfica debe incluir un título y rótulos (incluidas las unidades) en ambos ejes.



8. ¿Qué patrones ves en tus datos, si es que los hay?
9. ¿Qué relación entre las variables indica ese patrón?
10. ¿Qué patrones ves en los datos de Guillermo, si es que los hay?
11. ¿Hay alguna relación entre las variables que midió Guillermo?



12. Calcula las siguientes propiedades de las ondas que midió Guillermo.

Propiedad	Valor medido	Cómo calculé esta medida
Amplitud promedio		
Frecuencia		
Rapidez de onda		
Longitud de onda		

3 - Relaciones entre las variables de las ondas



1. Dibuja una onda con una longitud de onda más larga y la misma amplitud que la onda que se muestra. Luego dibuja una segunda onda con mayor amplitud y la misma longitud de onda que la onda que se muestra.

Primera onda



Longitud de onda más larga, misma amplitud

Mayor amplitud, misma longitud de onda

4 - Frecuencia



1. Calcula la frecuencia de cada una de las siguientes ondas. Asegúrate de incluir las unidades en tus respuestas.

Número de crestas de la onda	Cantidad de tiempo	Frecuencia
10	10 s	
60	15 s	
3	2 s	
15	60 s	

5 - Rapidez de onda



1. Expresa la rapidez de cada onda descrita abajo en metros por segundo.

Onda	Rapidez de onda
Una onda viaja a través una cuerda de 2 metros en 1 segundo.	
Un tsunami cruza 1,000 metros de océano en 62.5 segundos.	
El sonido de un bateador golpeando una pelota de béisbol llega hasta el fondo de las tribunas, a 150 metros de distancia, en 0.44 segundos.	

6 - La ecuación de onda



1. Si la frecuencia de una onda aumenta de 2 Hz a 4 Hz sin que cambie la longitud de onda, ¿cómo cambiará la rapidez de onda?

COMPRENDER LOS FENÓMENOS

Fenómeno: En Mavericks se forman olas enormes, y los científicos, los surfistas y los meteorólogos pueden predecir cuándo ocurrirán con hasta 48 horas de anticipación.

1. Usa lo que aprendiste para explicar este fenómeno.



BIOLOGY: ADAPTATION AND THE TREE OF LIFE

MAY 4-14

BIOLOGÍA: LA EVOLUCIÓN Y EL ÁRBOL DE LA VIDA (P. 14)

4 AL 14 DE MAYO

THIS LESSON IS FROM [HTTPS://WWW.KHANACADEMY.ORG/SCIENCE/HIGH-SCHOOL-BIOLOGY/HS-EVOLUTION](https://www.khanacademy.org/science/high-school-biology/hs-evolution)

KEY POINTS:

- Evidence for evolution comes from many different areas of biology:
 - **Anatomy.** Species may share similar physical features because the feature was present in a common ancestor (**homologous structures**).
 - **Molecular biology.** DNA and the genetic code reflect the shared ancestry of life. DNA comparisons can show how related species are.
 - **Biogeography.** The global distribution of organisms and the unique features of island species reflect evolution and geological change.
 - **Fossils.** Fossils document the existence of now-extinct past species that are related to present-day species.
 - **Direct observation.** We can directly observe small-scale evolution in organisms with short lifecycles (e.g., pesticide-resistant insects).

INTRODUCTION

Evolution is a key unifying principle in biology. As Theodosius Dobzhansky once said, "Nothing in biology makes sense except in the light of evolution." But what, exactly, are the features of biology that make more sense through the lens of evolution? To put it another way, what are the indications or traces that show evolution has taken place in the past and is still happening today?

EVOLUTION HAPPENS ON LARGE AND SMALL SCALES

Before we look at the evidence, let's make sure we are on the same page about what evolution is. Broadly speaking, **evolution** is a change in the genetic makeup (and often,

the heritable features) of a population over time. Biologists sometimes define two types of evolution based on scale:

- **Macroevolution**, which refers to large-scale changes that occur over extended time periods, such as the formation of new species and groups.
- **Microevolution**, which refers to small-scale changes that affect just one or a few genes and happen in populations over shorter timescales.

Microevolution and macroevolution aren't really two different processes. They're the same process – evolution – occurring on different timescales. Microevolutionary processes occurring over thousands or millions of years can add up to large-scale changes that define new species or groups.

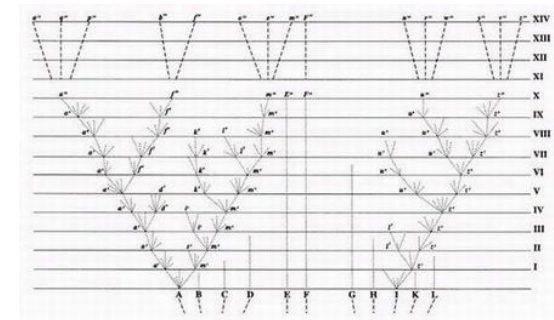
THE EVIDENCE FOR EVOLUTION

In this article, we'll examine the evidence for evolution on both macro and micro scales. First, we'll look at several types of evidence (including physical and molecular features, geographical information, and fossils) that provide evidence for, and can allow us to reconstruct, macroevolutionary events.

At the end of the article, we'll finish by seeing how microevolution can be directly observed, as in the emergence of pesticide-resistant insects.

ANATOMY AND EMBRYOLOGY

Darwin thought of **evolution** as "descent with modification," a process in which species change and give rise to new species over many generations. He proposed that the evolutionary history of life forms a branching tree with many levels, in which all species can be traced back to an ancient common ancestor.



Branching diagram that appeared in Charles Darwin's *On the origin of species*, illustrating the idea that new species form from pre-existing species in a branching process that occurs over extended periods of time.

Image credit: "[Darwin's tree of life, 1859](#)," by Charles Darwin (public domain).

In this tree model, more closely related groups of species have more recent common ancestors, and each group will tend to share features that were present in its last common ancestor. We can use this idea to "work backwards" and figure out how organisms are related based on their shared features.

HOMOLOGOUS FEATURES

If two or more species share a unique physical feature, such as a complex bone structure or a body plan, they may all have inherited this feature from a common ancestor. Physical features shared due to evolutionary history (a common ancestor) are said to be **homologous**.

To give one classic example, the forelimbs of whales, humans, birds, and dogs look pretty different on the outside. That's because they're adapted to function in different environments. However, if you look at the bone structure of the forelimbs, you'll find that

the pattern of bones is very similar across species. It's unlikely that such similar structures would have evolved independently in each species, and more likely that the basic layout of bones was already present in a common ancestor of whales, humans, dogs, and birds.

The similar bone arrangement of the human, bird, and whale forelimb is a structural homology. Structural homologies indicate a shared common ancestor.

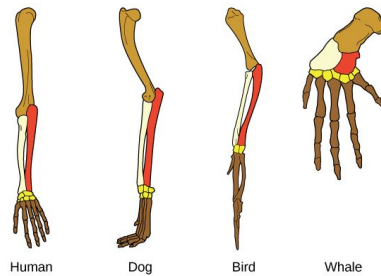


Image credit: "[Understanding evolution: Figure Z.](#)" by OpenStax College, Biology, [CC BY 4.0](#).

Some homologous structures can be seen only in embryos. For instance, all vertebrate embryos (including humans) have gill slits and a tail during early development. The developmental patterns of these species become more different later on (which is why your embryonic tail is now your tailbone, and your gill slits have turned into your jaw and inner ear). Homologous embryonic structures reflect that the developmental programs of vertebrates are variations on a similar plan that existed in their last common ancestor.

The small leg-like structures of some snakes species, like the *Boa constrictor*, are vestigial structures. These remnant features serve no present purpose in snakes, but did serve a purpose in the snakes' tetrapod ancestor (which walked on four limbs).

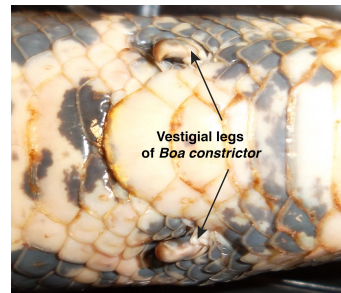


Image modified from "[Rudimentary hindlegs spurs in Boa constrictor snake.](#)" by Stefan3345, [CC BY-SA 4.0](#). The modified image is licensed under a [CC BY-SA 4.0](#) license.

Sometimes, organisms have structures that are homologous to important structures in other organisms but that have lost their major ancestral function. These structures, which are often reduced in size, are known as **vestigial structures**. Examples of vestigial structures include the tailbone of humans (a vestigial tail), the hind leg bones of whales, and the underdeveloped legs found in some snakes (see picture above).

ANALOGOUS FEATURES

To make things a little more interesting and complicated, not all physical features that look alike are marks of common ancestry. Instead, some physical similarities are **analogous**: they evolved independently in different organisms because the organisms lived in similar environments or experienced similar selective pressures. This process is called **convergent evolution**. (To *converge* means to come together, like two lines meeting at a point.)

For example, two distantly related species that live in the Arctic, the arctic fox and the ptarmigan (a bird), both undergo seasonal changes of color from dark to snowy white. This shared feature doesn't reflect common ancestry – i.e., it's unlikely that the last common ancestor of the fox and ptarmigan changed color with the seasons. Instead, this feature was favored separately in both species due to similar selective pressures. That is, the genetically determined ability to switch to light coloration in winter helped both foxes and ptarmigans survive and reproduce in a place with snowy winters and sharp-eyed predators.



Arctic fox and ptarmigan. Both are white-colored and shown in snowy winter landscapes. Image credit: "[Understanding evolution: Figure 6.](#)" by OpenStax College, Biology, [CC BY 4.0](#).

[How can we tell if features are homologous or analogous?]

DETERMINING RELATIONSHIPS FROM SIMILAR FEATURES

In general, biologists don't draw conclusions about how species are related on the basis of any single feature they think is homologous. Instead, they study a large collection of features (often, both physical features and DNA sequences) and draw conclusions about relatedness based on these features as a group. We will explore this idea further when we examine phylogenetic trees.

MOLECULAR BIOLOGY

Like structural homologies, similarities between biological molecules can reflect shared evolutionary ancestry. At the most basic level, all living organisms share:

- The same genetic material (DNA)
- The same, or highly similar, genetic codes
- The same basic process of gene expression (transcription and translation)
- The same molecular building blocks, such as amino acids

These shared features suggest that all living things are descended from a common ancestor, and that this ancestor had DNA as its genetic material, used the genetic code, and expressed its genes by transcription and translation. Present-day organisms all share these features because they were "inherited" from the ancestor (and because any big changes in this basic machinery would have broken the basic functionality of cells).

Although they're great for establishing the common origins of life, features like having DNA or carrying out transcription and translation are not so useful for figuring out *how* related particular organisms are. If we want to determine which organisms in a group

are most closely related, we need to use different types of molecular features, such as the nucleotide sequences of genes.

HOMOLOGOUS GENES

Biologists often compare the sequences of related genes found in different species (often called **homologous** or **orthologous** genes) to figure out how those species are evolutionarily related to one another.

The basic idea behind this approach is that two species have the "same" gene because they inherited it from a common ancestor. For instance, humans, cows, chickens, and chimpanzees all have a gene that encodes the hormone insulin, because this gene was already present in their last common ancestor.

In general, the more DNA differences in homologous genes (or amino acid differences in the proteins they encode) between two species, the more distantly the species are related. For instance, human and chimpanzee insulin proteins are much more similar (about 98% identical) than human and chicken insulin proteins (about 64% identical), reflecting that humans and chimpanzees are more closely related than humans and chickens.

BIOGEOGRAPHY

The geographic distribution of organisms on Earth follows patterns that are best explained by evolution, in combination with the movement of tectonic plates over geological time. For example, broad groupings of organisms that had already evolved before the breakup of the supercontinent **Pangaea** (about 200 million years ago) tend to be distributed worldwide. In contrast, broad groupings that evolved after the breakup tend to appear uniquely in smaller regions of Earth. For instance, there are unique groups of plants and animals on northern and southern continents that can be traced to the split of Pangaea into two supercontinents (Laurasia in the north, Gondwana in the south).

Marsupial mammals on Australia likely evolved from a common ancestor. Because Australia's has remained isolated for an extended period time, these mammals have diversified into a variety of niches (without being outcompeted by placental mammals).

Image credit: "[Marsupial collage](#)" by Aushulz, [CC BY-SA 3.0](#).



The evolution of unique species on islands is another example of how evolution and geography intersect. For instance, most of the mammal species in Australia are marsupials (carry young in a pouch), while most mammal species elsewhere in the world are placental (nourish young through a placenta). Australia's marsupial species are very diverse and fill a wide range of ecological roles. Because Australia was isolated by water for millions of years, these species were able to evolve without competition from (or exchange with) mammal species elsewhere in the world.

The marsupials of Australia, Darwin's finches in the Galápagos, and many species on the Hawaiian Islands are unique to their island settings, but have distant relationships to ancestral species on mainlands. This combination of features reflects the processes by which island species evolve. They often arise from mainland ancestors – for example, when a landmass breaks off or a few individuals are blown off course during a storm – and diverge (become increasingly different) as they adapt in isolation to the island environment.

FOSSIL RECORD

Fossils are the preserved remains of previously living organisms or their traces, dating from the distant past. The fossil record is not, alas, complete or unbroken: most organisms never fossilize, and even the organisms that do fossilize are rarely found by humans. Nonetheless, the fossils that humans have collected offer unique insights into evolution over long timescales.

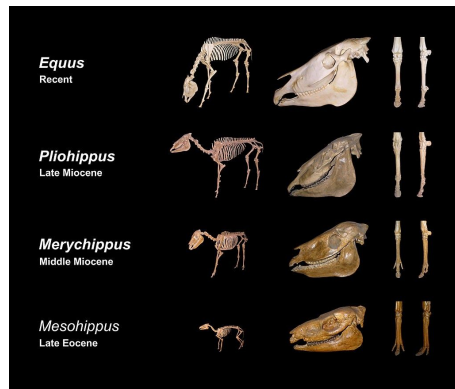


Earth's rocks form layers on top of each other over very long time periods. These layers, called strata, form a convenient timeline for dating embedded fossils. Strata that are closer to the surface represent more recent time periods, whereas deeper strata represent older time periods.

Image credit: "[Rock strata, E ridge of Garish](#)," by Chris Eilbeck, [CC BY-SA 2.0](#).

How can the age of fossils be determined? First, fossils are often contained in rocks that build up in layers called **strata**. The strata provide a sort of timeline, with layers near the top being newer and layers near the bottom being older. Fossils found in different strata at the same site can be ordered by their positions, and "reference" strata with unique features can be used to compare the ages of fossils across locations. In addition, scientists can roughly date fossils using [radiometric dating](#), a process that measures the radioactive decay of certain elements.

Fossils document the existence of now-extinct species, showing that different organisms have lived on Earth during different periods of the planet's history. They can also help scientists reconstruct the evolutionary histories of present-day species. For instance, some of the best-studied fossils are of the horse lineage. Using these fossils,



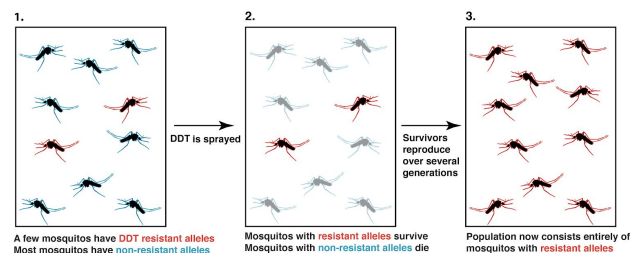
scientists have been able to reconstruct a large, branching "family tree" for horses and their now-extinct relatives. Changes in the lineage leading to modern-day horses, such as the reduction of toed feet to hooves, may reflect adaptation to changes in the environment.

Image credit: "[Equine evolution](#)," by H. Zell, [CC BY-SA 3.0](#).

DIRECT OBSERVATION OF MICROEVOLUTION

In some cases, the evidence for evolution is that we can see it taking place around us! Important modern-day examples of evolution include the emergence of drug-resistant bacteria and pesticide-resistant insects.

For example, in the 1950s, there was a worldwide effort to eradicate malaria by eliminating its carriers (certain types of mosquitos). The pesticide DDT was sprayed broadly in areas where the mosquitoes lived, and at first, the DDT was highly effective at killing the mosquitos. However, over time, the DDT became less and less effective, and more and more mosquitoes survived. This was because the mosquito population evolved resistance to the pesticide.



The evolution of DDT resistance in mosquito populations was observed directly in the 1950s as a result of a campaign to eradicate malaria. Resistance to the pesticide evolved over a few years through natural selection:

1. Within mosquito populations, a few individuals had alleles that made them resistant to the pesticide, DDT. The majority of individuals had alleles that did not confer resistance.
2. When DDT was sprayed, individuals carrying the resistance allele survived, while those carrying the non-resistant allele died.
3. Over several generations, more resistant offspring were born and the population evolved. The population now contained more resistant than non-resistant individuals.

How would natural selection have worked in this case? [\[More on natural selection:](#)

[Natural selection is a mechanism of evolution \(something that can cause evolution to take place\). In natural selection, a genetically specified trait that make organisms more fit, or better able to survive and reproduce than their peers, becomes more common in the population over generations. Natural selection is context-dependent: that is, which traits are favored by natural selection depends on the organisms' environment.](#)

[How does natural selection work? Natural selection can take place when some organisms in a population have heritable features that give a survival and reproduction advantage \(in a particular environment\), while other organisms in the population do not. Because organisms with the beneficial features leave more offspring than their peers \(and because the features are heritable, meaning that they get passed on to offspring\), the beneficial features will become increasingly common in the population over generations.\]](#)

1. Before DDT was applied, a tiny fraction of mosquitos in the population would have had naturally occurring gene versions (**alleles**) that made them resistant to DDT. These versions would have appeared through random **mutation**, or changes in DNA sequence. Without DDT around, the resistant alleles would not have helped mosquitoes survive or reproduce (and might even have been harmful), so they would have remained rare.
2. When DDT spraying began, most of the mosquitos would have been killed by the pesticide. Which mosquitos would have survived? For the most part, only the

rare individuals that happened to have DDT resistance alleles (and thus survived being sprayed with DDT). These surviving mosquitoes would have been able to reproduce and leave offspring.

3. Over generations, more and more DDT-resistant mosquitoes would have been born into the population. That's because resistant parents would have been consistently more likely to survive and reproduce than non-resistant parents, and would have passed their DDT resistance alleles (and thus, the capacity to survive DDT) on to their offspring. Eventually, the mosquito populations would have bounced back to high numbers, but would have been composed largely of DDT-resistant individuals.

In parts of the world where DDT has been used extensively in the past, many of the mosquitoes are now resistant. DDT can no longer be used to control the mosquito populations (and reduce malaria) in these regions.

Why are mosquito populations able to evolve rapid resistance to DDT? Two important factors are large population size (making it more likely that some individuals in the population will, by random chance, have mutations that provide resistance) and short lifecycle. Bacteria and viruses, which have even larger population sizes and shorter lifecycles, can evolve resistance to drugs very rapidly, as in [antibiotic-resistant bacteria](#) and [drug-resistant HIV](#).

SUMMARY

Multiple types of evidence support the theory of evolution:

- Homologous structures provide evidence for common ancestry, while analogous structures show that similar selective pressures can produce similar adaptations (beneficial features).
- Similarities and differences among biological molecules (e.g., in the DNA sequence of genes) can be used to determine species' relatedness.
- Biogeographical patterns provide clues about how species are related to each other.

- The fossil record, though incomplete, provides information about what species existed at particular times of Earth's history.
- Some populations, like those of microbes and some insects, evolve over relatively short time periods and can be observed directly.

[\[Attribution and references\]](#)

GO TO PAGE 27 AND ANSWER THE QUESTIONS! GOOD LUCK!

PUNTOS MÁS IMPORTANTES:

- Las pruebas de la evolución provienen de muchas áreas diferentes de la biología:
 - **Anatomía.** Las especies comparten características físicas porque dichas características estaban presentes en un ancestro común (**estructuras homólogas**).
 - **Biología molecular.** El ADN y el código genético reflejan la ascendencia compartida de la vida. La comparación de las secuencias de ADN puede mostrar qué tan emparentadas están las especies.
 - **Biogeografía.** La distribución global de los organismos y las características únicas de las especies isleñas reflejan la evolución y el cambio geológico.
 - **Fósiles.** Los fósiles documentan la existencia de especies pasadas, extintas actualmente, pero emparentadas con las especies que vemos hoy en día.
 - **Observación directa.** Podemos observar la evolución directamente a pequeña escala en los organismos con ciclos de vida cortos (como los insectos resistentes a pesticidas).

INTRODUCCIÓN:

La [evolución](#) es un principio unificador fundamental en la biología. Como Theodosius Dobzhansky dijo alguna vez, "nada en la biología tiene sentido si no es a la luz de la evolución"

Pero, ¿cuáles son exactamente las características de la biología que tienen más sentido a la luz de la evolución? Dicho de otro modo, ¿cuáles son los indicios o rastros que muestran que la evolución ha tenido lugar en el pasado y que sigue ocurriendo hoy en día?

LA EVOLUCIÓN OCURRE A PEQUEÑA Y GRAN ESCALA

Antes de pasar a las pruebas, asegurémonos de estar de acuerdo en cuanto a lo que es la evolución. En términos generales, la **evolución** es un cambio en la composición genética (y a menudo en las características heredables) de una población a lo largo del tiempo. A veces los biólogos definen dos tipos de evolución con base en la escala:

- La **macroevolución** se refiere a los cambios a gran escala que ocurren a lo largo de extensos periodos de tiempo, como la formación de nuevas especies y grupos.
- La **microevolución** se refiere a los cambios a pequeña escala que afectan únicamente a uno o unos cuantos genes y que ocurren en las poblaciones en escalas de tiempo más cortas.

La microevolución y la macroevolución no son dos procesos diferentes. En realidad, son el mismo proceso, evolución, que ocurre en dos escalas de tiempo distintas. Los procesos microevolutivos que suceden a lo largo de miles o millones de años se pueden sumar a los cambios a gran escala que definen a las especies o grupos.

LAS PRUEBAS DE LA EVOLUCIÓN

En este artículo examinaremos las pruebas de la evolución a pequeña y gran escala. Primero veremos varios tipos de evidencias (que incluyen características físicas y moleculares, información geográfica y fósiles) que nos permiten comprobar y reconstruir los eventos macroevolutivos.

Al final del artículo, analizaremos la manera en la que puede observarse directamente el proceso de microevolución, como en el surgimiento de la resistencia a pesticidas en insectos.

ANATOMÍA Y EMBRIOLOGÍA

Darwin concebía la **evolución** como una "descendencia con modificaciones", un proceso por el que las especies cambian y dan lugar a nuevas especies en el transcurso de muchas generaciones. Propuso que la historia evolutiva de las formas de

vida es como un árbol ramificado con muchos niveles, en el que todas las especies pueden remontarse a un antiguo antepasado común.

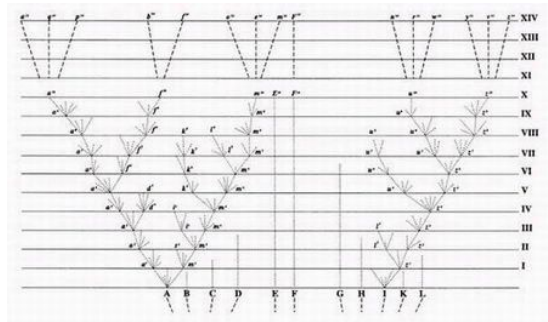


Diagrama ramificado que apareció en *El origen de las especies* de Charles Darwin, donde se ilustra la idea de que las nuevas especies descienden de especies preexistentes en un proceso de ramificación que ocurre a lo largo de periodos prolongados de tiempo.

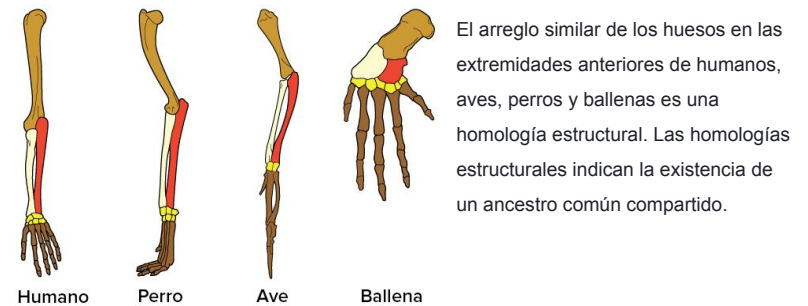
Crédito de imagen: "[El árbol de la vida de Darwin, 1859](#)", por Charles Darwin (dominio público).

En este modelo de árbol, los grupos de especies más estrechamente relacionados tienen ancestros comunes más recientes y cada grupo tenderá a compartir características que estaban presentes en su último ancestro común. Podemos usar esta idea para "rastrear" y reconstruir las relaciones de parentesco entre los organismos con base en sus características compartidas.

CARACTERÍSTICAS HOMÓLOGAS

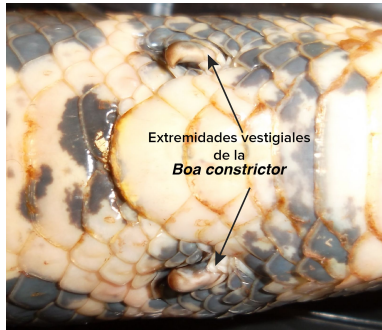
Si dos o más especies comparten una característica física única, como una estructura ósea compleja o un patrón corporal, es posible que hayan heredado dicha característica de un ancestro común. Las características físicas compartidas gracias a la historia evolutiva (a un ancestro común) se denominan **homólogos**.

Para dar un ejemplo clásico, las extremidades anteriores de las ballenas, los humanos, las aves y los perros parecen muy diferentes entre sí vistas desde el exterior. Esto se debe a que están adaptadas para funcionar en distintos ambientes. Sin embargo, si examinamos la estructura ósea de las extremidades anteriores, veremos que el patrón de los huesos es muy parecido entre las diferentes especies. Es poco probable que estas estructuras tan semejantes entre sí hayan evolucionado de manera independiente en cada especie, y es más probable que el diseño básico de los huesos ya estuviera presente en el ancestro común de las ballenas, los humanos, los perros y las aves.



Crédito de imagen: "[Entender la evolución: Figura 7](#)", de OpenStax College, Biología, [CC BY 4.0](#).

Algunas estructuras homólogas solo se aprecian en embriones. Por ejemplo, todos los embriones de vertebrados (incluyendo a los humanos) presentan hendiduras branquiales y cola durante el desarrollo temprano. Los patrones de desarrollo de estas especies se van diferenciando más adelante (razón por la cual tu cola embrionaria es ahora tu cóccix y tus hendiduras branquiales se han convertido en tu mandíbula y tu oído interno). Las estructuras embrionarias homólogas reflejan que los patrones de desarrollo de los vertebrados son variaciones de un patrón similar que ya existía en su último ancestro común.



Las pequeñas estructuras parecidas a patas de algunas especies de serpientes, como la *Boa constrictor*, son estructuras vestigiales. Estas características reminiscentes actualmente no tienen ninguna función, pero sí lo tuvieron en el ancestro tetrápodo de las serpientes (el cual caminaba en cuatro patas).

Imagen modificada de "[Los espolones en la serpiente Boa constrictor son extremidades posteriores rudimentarias](#)", por Stefan3345, [CC BY-SA 4.0](#). La imagen modificada está registrada bajo una licencia [CC BY-SA 4.0](#).

A veces, los organismos presentan estructuras que no parecen tener ninguna función pero que son homólogas a estructuras útiles en otros organismos. Estas estructuras sin función aparente o reducidas, que parecieran ser "restos" evolutivos, se llaman **estructuras vestigiales**. Algunos ejemplos de estructuras vestigiales son el cóccix en humanos (vestigio de una cola), los huesos de las extremidades posteriores en ballenas y las patas no desarrolladas que tienen algunas especies de serpientes (como la de la derecha).

CARACTERÍSTICAS ANÁLOGAS

Para hacer las cosas un poco más interesantes y complicadas, no todas las características físicas que se parecen indican la existencia de un ancestro común. Algunas similitudes físicas son **análogas**: evolucionaron de manera independiente en distintos organismos porque el ambiente en el que habitaban era similar o las presiones evolutivas a las que se vieron sometidos eran semejantes. Este proceso se conoce como **evolución convergente**. (*Converger* significa juntarse, como dos líneas que se unen en un punto).

Por ejemplo, dos especies lejanamente relacionadas que viven en el Ártico, la perdiz nival (un ave) y el zorro ártico, cambian de color de pardo a blanco según las estaciones. Esta característica compartida no implica que tengan un ancestro en común, dicho de otro modo, es poco probable que el último ancestro común del zorro y la perdiz cambiara de color con las estaciones. En cambio, esta característica fue favorecida de manera separada en ambas especies debido a presiones selectivas similares. Esto es, la habilidad genéticamente determinada de cambiar de color en invierno le ayudó a los zorros y a las perdices a sobrevivir y reproducirse en un lugar con inviernos nevados y depredadores de visión aguda.



Zorro ártico y perdiz nival. Ambos son de color blanco y se muestran en paisajes invernales nevados.

Crédito de imagen: "[Entender la evolución: Figura 6](#)", de OpenStax College, Biología, [CC BY 4.0](#). [[¿Cómo podemos saber si las características son homólogas o análogas?](#)]

Cómo se determinan las relaciones a partir de características semejantes

En general, los biólogos no sacan conclusiones sobre cómo están relacionadas las especies con base en una sola característica que crean que es homóloga, sino que estudian una gran cantidad de ellas (tanto rasgos físicos como secuencias de ADN) y obtienen conclusiones acerca del parentesco basadas en dichas características en conjunto. Veremos esta idea con más detalle cuando estudiemos los árboles filogenéticos.

BIOLOGÍA MOLECULAR

Al igual que las homologías estructurales, las semejanzas entre las moléculas biológicas pueden reflejar la existencia de un ancestro evolutivo compartido. En el nivel más básico, todos los seres vivos comparten:

- El mismo material genético (ADN)
- El mismo código genético o alguno muy parecido
- El mismo proceso básico de expresión de genes (transcripción y traducción)
- Los mismos materiales de construcción, como los aminoácidos

Estas características compartidas sugieren que todos los seres vivos descienden de un ancestro común y que dicho ancestro tenía ADN como material genético, usaba el código genético y expresaba sus genes mediante transcripción y traducción. Todos los organismos actuales comparten estas características porque fueron "heredadas" de dicho ancestro (y porque cualquier cambio grande en esta maquinaria básica habría afectado la funcionalidad de las células).

Aunque las características como tener ADN y llevar a cabo la transcripción y la traducción de genes son muy buenas para establecer el origen común de la vida, no son tan útiles para saber *cuán* relacionados están entre sí dos organismos en particular. Si queremos determinar qué organismos en un grupo son los más emparentados, necesitamos usar diferentes tipos de características moleculares, como las secuencias de nucleótidos de los genes.

GENES HOMÓLOGOS

A menudo los biólogos comparan las secuencias de genes relacionados de diferentes especies (denominados genes **homólogos** u **ortólogos**) para analizar cómo estas especies se relacionan evolutivamente entre sí.

La idea fundamental detrás de este método es que dos especies tienen el "mismo" gen debido a que lo heredaron de un ancestro común. Por ejemplo, los humanos, las vacas,

los pollos y los chimpancés tienen un gen que codifica para la hormona insulina, porque este gen ya estaba presente en su último ancestro común.

De manera general, mientras más diferencias haya en el ADN de dos genes homólogos (o diferencias en los aminoácidos de las proteínas para las que codifican) de dos especies, más distante será la relación entre ellas. Por ejemplo, la insulina humana y la del chimpancé son más semejantes (98% idénticas) que la insulina humana y la del pollo (64% idénticas), lo que muestra que los humanos y los chimpancés están emparentados más cercanamente que los humanos y los pollos.

BIOGEOGRAFÍA

La distribución geográfica de los organismos sobre la tierra sigue patrones que se explican mejor por medio de la evolución, en combinación con el movimiento de las placas tectónicas, a lo largo del tiempo geológico. Por ejemplo, los grandes grupos que ya habían evolucionado antes de la ruptura del supercontinente [Pangea](#) (hace unos 200 millones de años) tienden a tener una distribución mundial. En cambio, los grupos que evolucionaron después de la ruptura suelen aparecer solo en regiones más pequeñas de la tierra. Como ejemplo tenemos a grupos de plantas y animales en los continentes del norte y del sur, que pueden ser rastreados hasta la división de Pangea en dos supercontinentes (Laurasia en el norte y Gondwana en el sur).



Los mamíferos marsupiales en Australia probablemente evolucionaron de un ancestro común. Debido a que Australia se mantuvo aislada por un largo periodo de tiempo, estos mamíferos se diversificaron para ocupar varios nichos (sin ser desplazados por los mamíferos placentarios).
Crédito de imagen: "[Collage de marsupiales](#)" de Aushulz, [CC BY-SA 3.0](#)

La evolución de especies únicas en las islas es otro ejemplo de la intersección entre evolución y geografía. Por ejemplo, la

mayoría de las especies de mamíferos en Australia son marsupiales (llevan a sus crías en una bolsa), mientras que la mayoría de las especies de mamíferos en cualquier otra parte del mundo son placentarios (nutren a sus crías mediante una placenta). Las especies marsupiales australianas son muy diversas y llenan una gran variedad de funciones ecológicas. Estas especies pudieron evolucionar sin competencia (ni intercambio) con el resto de las especies de mamíferos en el mundo gracias a que Australia estuvo aislada por el mar durante millones de años.

Los marsupiales australianos, los pinzones de Darwin en las Galápagos y muchas especies de las islas hawaianas solo se encuentran en sus hábitats isleños, pero están lejanamente relacionados con especies ancestrales en los continentes. Esta combinación de características refleja los procesos por los que evolucionan las especies isleñas. Con frecuencia evolucionan a partir de ancestros continentales (como cuando una masa de tierra se desprende del continente o una tormenta desvía a algunos individuos hacia las islas) y divergen (se vuelven gradualmente diferentes) al tiempo que se adaptan en aislamiento al ambiente isleño.

EL REGISTRO FÓSIL

Los **fósiles** son los restos conservados de organismos, o sus rastros, que estuvieron vivos en un pasado distante. Por desgracia el registro fósil no es completo ni está intacto: la mayoría de los organismos nunca se fosiliza y los humanos rara vez encontramos a los que sí se fosilizaron. Sin embargo, los fósiles que hemos encontrado nos permiten comprender la evolución a lo largo de extensos periodos de tiempo.

Las rocas de la Tierra forman capas superpuestas a lo largo de extensos periodos de tiempo. Estas capas, llamadas estratos, forman una línea de tiempo muy conveniente para datar los fósiles incrustados en ellas. Los estratos que están más cerca de la superficie representan periodos de tiempo más recientes, mientras que los más profundos pertenecen a tiempos más antiguos.



Crédito de imagen: "[Estratos de roca, cresta E de Garish](#)", de Chris Eilbeck, [CC BY- SA 2.0](#)

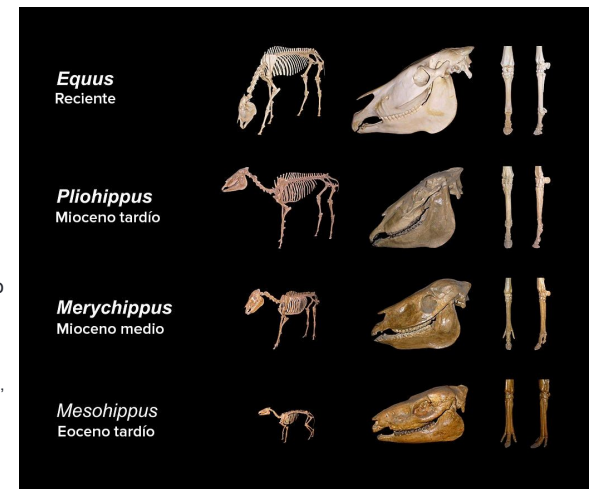
¿Cómo puede determinarse la edad de los fósiles? En primer lugar, los fósiles suelen encontrarse dentro de capas de roca llamadas **estratos**. Los estratos proporcionan una especie de línea de tiempo en la que las capas superiores son más recientes y las más profundas son las más antiguas. Los fósiles que se encuentran en diferentes estratos de un mismo sitio pueden ordenarse por su posición y los estratos "de referencia" con características únicas pueden utilizarse para comparar las edades de los fósiles en diferentes localidades. Además, los científicos pueden datar los fósiles de manera aproximada mediante [datación radiométrica](#), un proceso que mide el decaimiento radioactivo de ciertos elementos.

Los fósiles documentan la existencia de especies ahora extintas, lo que muestra que diferentes organismos han vivido en la tierra durante distintos periodos de tiempo en la historia del planeta. También pueden ayudar a los científicos a reconstruir las historias evolutivas de las especies actuales. Por ejemplo, algunos de los fósiles más estudiados son los del linaje del caballo. Usando estos fósiles, los científicos han podido reconstruir un "árbol familiar" extenso y ramificado de los caballos y sus parientes extintos. Los cambios

en el linaje que conducen a los caballos modernos, como la reducción de los dedos en los pies a pezuñas, pueden reflejar adaptaciones a cambios en el medio ambiente.

Crédito de imagen:

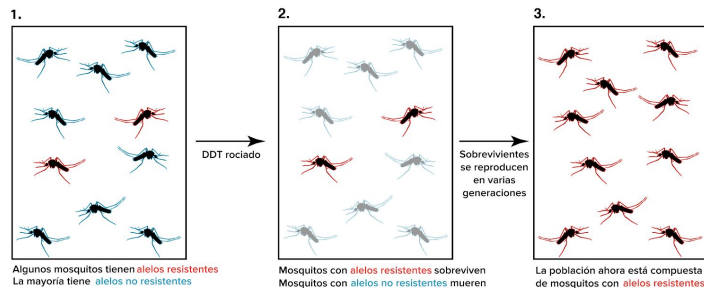
"[Evolución de los equinos](#)", de H. Zell, [CC BY-SA 3.0](#)



OBSERVACIÓN DIRECTA DE LA MICROEVOLUCIÓN

En algunos casos, la mejor prueba de la evolución ¡es observar mientras sucede a nuestro alrededor! Algunos ejemplos importantes del proceso evolutivo en nuestros días son el surgimiento de bacterias resistentes a antibióticos y de insectos resistentes a pesticidas.

Por ejemplo, en la década de 1950, se realizó un esfuerzo mundial para erradicar la malaria por eliminación de sus portadores (ciertos tipos de mosquitos). Se roció ampliamente el pesticida DDT en áreas donde habitaban los mosquitos y, en un inicio, el DDT fue muy efectivo para matarlos. Con el tiempo, sin embargo, el DDT se volvió menos efectivo y cada vez sobrevivían más y más mosquitos. Esto se debió a que la población de mosquitos desarrolló resistencia al pesticida.



La evolución de la resistencia del DDT en las poblaciones de mosquitos se observó directamente en la década de 1950 como resultado de una campaña para erradicar la malaria. La resistencia al pesticida se desarrolló en unos cuantos años mediante selección natural:

1. Dentro de las poblaciones de mosquitos, algunos individuos tenían alelos que los hacían resistentes al pesticida DDT. La mayoría de los individuos tenían alelos que no conferían la resistencia.
2. Cuando se roció el DDT, los individuos portadores del alelo de resistencia sobrevivieron, mientras que aquellos con el alelo no resistente perecieron.
3. En el transcurso de varias generaciones, nacieron individuos más resistentes y la población evolucionó. Ahora, la población está compuesta de más individuos resistentes que no resistentes.

El surgimiento de la resistencia al DDT es un ejemplo de evolución por [selección natural](#)

¿Cómo operó la selección natural en este caso? [\[Más acerca de la selección natural\]](#)

[La selección natural es uno de los mecanismos de la evolución (algo que hace que ocurra la evolución). En la selección natural, un rasgo determinado genéticamente que hace a unos organismos más aptos o mejor adaptados para sobrevivir y reproducirse que sus compañeros de su misma especie, se vuelve más común en la población en el transcurso de varias generaciones. La selección natural depende del contexto, esto es, los rasgos favorecidos por la selección natural dependen del medio ambiente en el que habita el organismo.]

¿Cómo funciona la selección natural? La selección natural ocurre cuando algunos organismos de una población tienen características heredables que les dan una ventaja para sobrevivir y reproducirse (en un ambiente en particular), mientras que otros organismos de la misma población no los tienen. Gracias a que los organismos con las características beneficiosas dejan más descendencia que los que carecen de ellas (y porque dichos rasgos son heredables, es decir, que pasan de padres a hijos), estas características serán cada vez más comunes en la población con el paso de las generaciones.]

1. Antes de la aplicación del DDT, una pequeña parte de la población de mosquitos tendría de manera natural versiones de genes (**alelos**) que les hacían resistentes al DDT. Estas versiones habrían aparecido mediante **mutación** aleatoria, esto es, por cambios en la secuencia de ADN. Sin la presencia del DDT, estos alelos resistentes no habrían ayudado a los mosquitos a sobrevivir o reproducirse (incluso podrían haber sido perjudiciales), por lo que serían escasos.
2. Cuando inició la aplicación del DDT, la mayoría de los mosquitos fue eliminada por el pesticida. ¿Qué mosquitos podrían haber sobrevivido? Solo los escasos individuos que presentaban los alelos resistentes al DDT (y que por lo tanto sobrevivieron a su aplicación). Estos mosquitos sobrevivientes habrían sido capaces de reproducirse y dejar descendencia.
3. En el transcurso de varias generaciones, habrían nacido cada vez más mosquitos resistentes al DDT en la población. Esto se debe a que los padres resistentes habrían tenido mayores probabilidades de sobrevivir y reproducirse que los no resistentes, y habrían pasado sus alelos resistentes (y por lo tanto su capacidad de sobrevivir) al DDT a sus hijos. Finalmente, la población de mosquitos habría recuperado sus cifras elevadas, pero estaría compuesta en su mayoría por individuos resistentes al DDT.

En las partes del mundo en las que se usó de manera extensa el DDT, muchos de los mosquitos son actualmente resistentes. El DDT ya no puede utilizarse para controlar las poblaciones de mosquitos (y reducir la malaria) en estas regiones.

¿Por qué las poblaciones de mosquitos pueden volverse resistentes al DDT con tanta rapidez? Hay dos factores importantes: el gran tamaño de la población (que hace más probable que algunos individuos dentro de ella presenten, por azar, mutaciones que confieren resistencia) y un ciclo de vida corto. Las bacterias y los virus, que tienen tamaños de población mucho más grandes y ciclos de vida más cortos, pueden desarrollar resistencia a los medicamentos rápidamente, como se ve en las [bacterias resistentes a antibióticos](#) y en el [VIH resistente a medicamentos](#).

RESUMEN

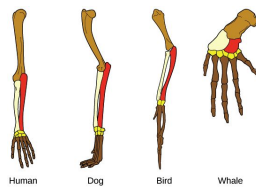
Hay muchas pruebas que apoyan la teoría de la evolución:

- Las estructuras homólogas proporcionan pruebas de la existencia de un ancestro común, mientras que las estructuras análogas muestran que las presiones de selección similares pueden producir adaptaciones (características beneficiosas) semejantes.
- Las semejanzas y diferencias entre las moléculas biológicas (en la secuencia de ADN, por ejemplo) pueden ser utilizadas para determinar el parentesco entre especies.
- Los patrones biogeográficos proporcionan pistas sobre la manera en que las especies se relacionan entre sí.
- El registro fósil, aunque es incompleto, proporciona información acerca de las especies que existieron en determinados momentos de la historia de la Tierra.
- Algunas poblaciones, como las de los microbios y algunos insectos, evolucionan en periodos de tiempo relativamente cortos y el proceso puede observarse de manera directa.

QUESTIONS/ PREGUNTAS:

1. Which of the following is an example of genetic variation?
 - a. One child is older than another.
 - b. One child has blue eyes and the other has brown eyes.
 - c. One child eats meat and the other is a vegetarian.
 - d. One child has a scar and the other does not.
2. Which of the following is true regarding Darwin's theory of evolution?
 - a. Characteristics acquired during an individual's life are always passed on to future generations.
 - b. Species change over long periods of time, giving rise to new species.
 - c. Pure chance determines which species evolve.
 - d. Darwin's views are no longer accepted by the scientific community.

3. Which of the following are true about natural selection?
 - a. It always results in bigger, stronger individuals.
 - b. It can cause an individual to become better adapted over its lifetime.
 - c. It acts on existing heritable variation.
 - d. It means that certain species have a programmed plan for evolution.
4. A genetic mutation causes a newt to have faster reflexes. After many generations, most of the newt population has the reflex mutation. Which of the following most likely caused this change?
 - a. Other newts learned to copy the strategies of the mutated newt.
 - b. The newt passed on its mutated gene to other adult newts.
 - c. Newts with the mutation are better able to survive and reproduce than newts without the mutation.
 - d. The mutation was contagious.
5. Some organisms have features that have different functions, but similar structures. One example is the forelimb of humans, dogs, birds, and whales.



What term best describes the relationship between these forelimbs?

- a. They are homologous.
 - b. They are analogous.
 - c. They are vestigial.
 - d. They are embryological.
6. A scientist compares DNA taken from four different living species. Which of the following statements is accurate?

Species A	Species X	Species Y	Species Z
—	—	—	—
—	—	—	—
—	—	—	—
—	—	—	—
—	—	—	—

- a. Species Y and Species Z can interbreed.
- b. Species A and Z share a recent common ancestor.
- c. Species A and Species Y are the same.
- d. Species X evolved from Species Y.

7. Which of the following would best determine whether two plant species share a recent common ancestor?
 - a. Habitat distribution
 - b. Stem lengths
 - c. Flowering times
 - d. DNA sequences
8. How do fossils support evolution?
 - a. The fossil record provides evidence that organisms have changed over time.
 - b. Individual species disappear and reappear in the fossil record over time.
 - c. Organisms in the fossil record are identical to living organisms.
 - d. The fossil record provides evidence that all organisms developed at the same time.

Talk over the answers with your teacher to see how you did!

HEAT AND TEMPERATURE (EN ESPAÑOL: PÁGINA 8)

WHAT HEAT MEANS IN THERMODYNAMICS, AND HOW WE CAN CALCULATE HEAT USING THE HEAT CAPACITY.

KEY POINTS

- **Heat, q ,** is thermal energy transferred from a hotter system to a cooler system that are in contact.
- Temperature is a measure of the average kinetic energy of the atoms or molecules in the system.
- The **zeroth law of thermodynamics** says that no heat is transferred between two objects in thermal equilibrium; therefore, they are the same temperature.
- We can calculate the heat released or absorbed using the specific heat capacity, C , the mass of the substance, m , and the change in temperature, ΔT in the equation:
 - $q = m \times C \times \Delta T$

HEAT IN THERMODYNAMICS

What contains more heat, a cup of coffee or a glass of iced tea? In chemistry class, that would be a trick question (sorry!). In thermodynamics, heat has a very specific meaning that is different from how we might use the word in everyday speech. Scientists define heat as *thermal energy transferred between two systems at different temperatures that come in contact*. Heat is written with the symbol **q** or **Q** , and it has units of Joules (J).



Three melting ice cubes in a puddle of water on a mirrored surface.

Heat is transferred from the surroundings to the ice, causing the phase change from ice to water. [Photo of ice cubes](#) from flickr, [CC BY 2.0](#).

Heat is sometimes called a *process quantity*, because it is defined in the context of a process by which energy can be transferred. We don't talk about a cup of coffee

containing heat, but we can talk about the heat *transferred* from the cup of hot coffee to your hand. Heat is also an extensive property, so the change in temperature resulting from heat transferred to a system depends on how many molecules are in the system.

RELATIONSHIP BETWEEN HEAT AND TEMPERATURE

Heat and temperature are two different but closely related concepts. Note that they have different units: temperature typically has units of degrees Celsius (C) or Kelvin (K), and heat has units of energy, Joules (J).

Temperature is a measure of the average kinetic energy of the atoms or molecules in the system. The water molecules in a cup of hot coffee have a higher average kinetic energy than the water molecules in a cup of iced tea, which also means they are moving at a higher velocity. Temperature is also an intensive property, which means that the temperature doesn't change no matter how much of a substance you have (as long as it is all at the same temperature!). This is why chemists can use the melting point to help identify a pure substance-the temperature at which it melts is a property of the substance with no dependence on the mass of a sample.

On an atomic level, the molecules in each object are constantly in motion and colliding with each other. Every time molecules collide, kinetic energy can be transferred. When the two systems are in contact, heat will be transferred through molecular collisions from the hotter system to the cooler system. The thermal energy will flow in that direction until the two objects are at the same temperature. When the two systems in contact are at the same temperature, we say they are in *thermal equilibrium*.

ZEROth LAW OF THERMODYNAMICS: DEFINING THERMAL EQUILIBRIUM

The zeroth law of thermodynamics defines thermal equilibrium within an isolated system. The zeroth law says when two objects at thermal equilibrium are in contact, there is no net heat transfer between the objects; therefore, they are the same temperature. Another way to state the zeroth law is to say that if two objects are both separately in thermal equilibrium with a third object, then they are in thermal equilibrium with each other.

The zeroth law allows us to measure the temperature of objects. Any time we use a thermometer, we are using the zeroth law of thermodynamics. Let's say we are measuring the temperature of a water bath. In order to make sure the reading is accurate, we usually want to wait for the temperature reading to stay constant. We are waiting for the thermometer and the water to reach thermal equilibrium! At thermal equilibrium, the temperature of the thermometer bulb and the water bath will be the same, and there should be no net heat transfer from one object to the other (assuming no other loss of heat to the surroundings).

HEAT CAPACITY: CONVERTING BETWEEN HEAT AND CHANGE IN TEMPERATURE

How can we measure heat? Here are some things we know about heat so far:

- When a system absorbs or loses heat, the average kinetic energy of the molecules will change. Thus, heat transfer results in a change in the system's temperature *as long as the system is not undergoing a phase change*.
- The change in temperature resulting from heat transferred to or from a system depends on how many molecules are in the system.

We can use a thermometer to measure the change in a system's temperature. How can we use the change in temperature to calculate the heat transferred?

In order to figure out how the heat transferred to a system will change the temperature of the system, we need to know at least 2 things:

- The number of molecules in the system
- The heat capacity of the system

The heat capacity tells us how much energy is needed to change the temperature of a given substance assuming that no phase changes are occurring. There are two main ways that heat capacity is reported. The *specific heat capacity* (also called specific heat), represented by the symbol c , or C , is how much energy is needed to increase the temperature of *one gram* of a substance by 1°C or 1K . Specific heat capacity usually

has units of $\text{J}/(\text{grams}\cdot\text{K})$. The molar heat capacity, C_m or C_{mol} , measures the amount of thermal energy it takes to raise the temperature of one mole of a substance by 1°C or 1K and usually has the units $\text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$. For example, the heat capacity of lead might be given as the specific heat capacity, $0.129 \text{ J/g}\cdot\text{K}$, or the molar heat capacity, $26.65 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$.

[Why do different substances have different specific heat capacities? Let's think about what is happening on a molecular level when we add thermal energy to some molecules. The thermal energy can be stored as vibrations and rotations between atoms within a molecule, which does not significantly increase the temperature of the system. The energy can also be used to disrupt intermolecular interactions and increase the velocity of the entire molecule, which increases the translational kinetic energy of the molecule.]

Temperature is primarily a measure of the translational kinetic energy of the system. Depending on the molecular structure and intermolecular interactions, different substances can store different amounts of thermal energy as vibrations and rotations before the temperature increases.]

CALCULATING Q USING THE HEAT CAPACITY

We can use the heat capacity to determine the heat released or absorbed by a material using the following formula:

$$q = m \times C \times \Delta T$$

where m , is the mass of the substance (in grams), C is the specific heat capacity, and ΔT is the change in temperature during the heat transfer. Note that both mass and specific heat capacity can only have positive values, so the sign of q will depend on the sign of ΔT . We can calculate ΔT using the following equation:

$$\Delta T = T_{\text{final}} - T_{\text{initial}}$$

where T_{final} and T_{initial} can have units of either $^{\circ}\text{C}$ or K . Based on this equation, if q is positive (energy of the system increases), then our system increases in temperature and $T_{\text{final}} > T_{\text{initial}}$. If q is negative (energy of the system decreases), then our system's temperature decreases and $T_{\text{final}} < T_{\text{initial}}$.

EXAMPLE PROBLEM: COOLING A CUP OF TEA

Let's say that we have 250mL of hot tea which we would like to cool down before we try to drink it. The tea is currently at 370K, and we'd like to cool it down to 350K. How much thermal energy has to be transferred from the tea to the surroundings to cool the tea?

A cup of black tea with a slice of lemon in a white teacup with a saucer.



The hot tea will transfer heat to the surroundings as it cools. [Photo from Photozou, CC BY-NC-ND 2.5](#)

We are going to assume that the tea is mostly water, so we can use the density and heat capacity of water in our calculations. The specific heat capacity of water is: $4.18 \text{ J/g}^{\circ}\text{K}$, and the density of water is 1.00 g/mL . We can calculate the energy transferred in the process of cooling the tea using the following steps:

1. Calculate the mass of the substance

We can calculate the mass of the tea/water using the volume and density of water:

$$m = 250 \text{ mL} \times 1.00 \text{ g/mL} = 250 \text{ g}$$

2. Calculate the change in temperature, ΔT

We can calculate the change in temperature, ΔT , from the initial and final temperatures:

$$\Delta T = T_{\text{final}} - T_{\text{initial}}$$

$$= 350\text{K} - 370\text{K}$$

$$= -20\text{K}$$

Since the temperature of the tea is decreasing and ΔT is negative, we would expect q to also be negative since our system is losing thermal energy.

3. Solve for q

Now we can solve for the heat transferred from the hot tea using the equation for heat:

$$q = m \times C \times \Delta T$$

$$= 250\text{g} \times 4.18 \text{ J/g}^{\circ}\text{K} \times -20\text{K}$$

$$= -21000\text{J}$$

Thus, we calculated that the tea will transfer 21000J of energy to the surroundings when it cools down from 370K to 350K.

CONCLUSIONS

In thermodynamics, heat and temperature are closely related concepts with precise definitions.

- Heat, q , is thermal energy transferred from a hotter system to a cooler system that are in contact.
- Temperature is a measure of the average kinetic energy of the atoms or molecules in the system.
- The zeroth law of thermodynamics says that no heat is transferred between two objects in thermal equilibrium; therefore, they are the same temperature.
- We can calculate the heat released or absorbed using the specific heat capacity, C , the mass of the substance, m , and the change in temperature ΔT in the following equation: $q = m \times C \times \Delta T$

GO TO PAGE 15 AND TRY THE PRACTICE PROBLEMS

TERMODINÁMICA: CALOR Y TEMPERATURA (4 AL 14 DE MAYO)

[HTTPS://ES.KHANACADEMY.ORG/](https://es.khanacademy.org/)

PUNTOS MÁS IMPORTANTES

- El **calor**, q , es energía térmica que se transfiere de un sistema más caliente a un sistema más frío que están en contacto.
- La temperatura es una medida de la energía cinética promedio de los átomos o moléculas en el sistema.
- La **ley del cero de la termodinámica** dice que no se transfiere calor entre dos objetos en equilibrio térmico; por lo tanto, están a la misma temperatura.
- Podemos calcular el calor liberado o absorbido utilizando el calor específico, C , la masa, m , de la sustancia y el cambio en temperatura, ΔT en la ecuación:
 - $q = m \times C \times \Delta T$

EL CALOR EN LA TERMODINÁMICA

¿Qué contiene más calor, una taza de café o un vaso de té helado? En clase de química, esta sería una pregunta capciosa (¡lo siento!). En termodinámica, el calor tiene un significado muy concreto que es diferente de la manera en la que podríamos usar la palabra en el discurso cotidiano. Los científicos definen el calor como la *energía térmica transferida entre dos sistemas a diferentes temperaturas que entran en contacto*. El calor se escribe con el símbolo q o Q , y tiene unidades de joules (J).

Tres cubos de hielo se derriten en un charco de agua sobre una superficie reflejante. *El calor se transfiere de los alrededores hacia el hielo, lo que provoca*



que el hielo cambie de fase y se vuelva agua.

[Foto de cubos de hielo](#) de flickr, [CC BY 2.0](#).

Al calor a veces se le llama una *magnitud de proceso*, porque está definido en el contexto de un proceso por el cual se puede transferir energía. No decimos que una taza de café contiene calor, pero podemos hablar del calor *transferido* de la taza de café caliente a tu mano. El calor también es una propiedad extensiva, así que el cambio de temperatura que resulta al transferir calor a un sistema depende de cuántas moléculas hay en el sistema.

LA RELACIÓN ENTRE CALOR Y TEMPERATURA

Calor y temperatura son dos conceptos diferentes pero estrechamente relacionados. Observa que tienen diferentes unidades: la temperatura típicamente tiene unidades de grados Celsius (°C) o Kelvin (K), y el calor tiene unidades de energía, joules (J). La temperatura es una medida de la energía cinética promedio de los átomos o moléculas en el sistema. Las moléculas de agua en una taza de café caliente tienen una mayor energía cinética promedio que las moléculas de agua en una taza de té helado, lo que también significa que están moviéndose a una velocidad más alta. La temperatura también es una propiedad intensiva. Esto significa que no depende de qué tanta cantidad tengas de una sustancia (¡siempre y cuando esté toda a la misma temperatura!). Por esta razón, los químicos pueden utilizar el punto de fusión para poder identificar una sustancia pura: la temperatura a la cual se derrite es una propiedad de la sustancia que no depende de la masa de una muestra.

A nivel atómico, las moléculas en cada objeto están constantemente en movimiento y chocando entre sí. Cada vez que chocan, pueden transferir energía cinética. Cuando dos sistemas están en contacto, se va a transferir calor del sistema más caliente al más frío por medio de choques moleculares. La energía térmica va a fluir en esa dirección

hasta que los dos objetos están a la misma temperatura. Cuando esto ocurre, decimos que están en *equilibrio térmico*.

LA LEY CERO DE LA TERMODINÁMICA: DEFINIR EL EQUILIBRIO TÉRMICO

La ley del cero de la termodinámica define el equilibrio térmico en un sistema aislado. De acuerdo con esta ley, cuando dos objetos en equilibrio térmico están en contacto, no hay ninguna transferencia de calor neto entre ellos; por lo tanto, están a la misma temperatura. Otra forma de enunciar la ley cero es decir que si dos objetos por separado están cada uno en equilibrio térmico con un tercer objeto, entonces están en equilibrio térmico entre sí.

La ley cero nos permite medir la temperatura de los objetos. Cada vez que usamos un termómetro estamos utilizando la ley cero de la termodinámica. Digamos que medimos la temperatura del agua en una tina de baño. Para asegurarnos de que la lectura es correcta, generalmente queremos esperar a que la lectura de temperatura permanezca constante. ¡Estamos esperando que el termómetro y el agua alcancen el equilibrio térmico! Cuando lo hayan alcanzado, la temperatura del bulbo del termómetro y del agua de la bañera será la misma, y no habrá transferencia de calor neto de un objeto al otro (suponiendo que no haya pérdida de calor hacia los alrededores).

CAPACIDAD TÉRMICA: CONVERTIR ENTRE CALOR Y CAMBIO DE TEMPERATURA

¿Cómo podemos medir el calor? Estas son algunas de las cosas que sabemos sobre el calor hasta ahora:

- Cuando un sistema absorbe o pierde calor, la energía cinética promedio de las moléculas va a cambiar. Así que la transferencia de calor resulta en un cambio

en la temperatura del sistema *siempre y cuando el sistema no esté pasando por un cambio de fase.*

- El cambio de temperatura debido al calor transferido de o hacia un sistema depende de cuántas moléculas haya en el sistema.

Podemos utilizar un termómetro para medir el cambio en la temperatura de un sistema.
¿Cómo podemos usar el cambio de temperatura para calcular el calor transferido?

Para averiguar cómo el calor transferido a un sistema va a cambiar la temperatura de este, tenemos que saber al menos 2 cosas:

- El número de moléculas en el sistema.
- La capacidad térmica del sistema.

La capacidad térmica nos da información sobre qué tanta energía se necesita para cambiar la temperatura de una sustancia dada al suponer que no ocurre un cambio de fase. Hay dos maneras principales en las que se reporta la capacidad térmica. El *calor específico* (también llamado capacidad calorífica específica), que se representa por el símbolo c o C , es la cantidad de energía que se necesita para elevar la temperatura de *un gramo* de una sustancia en 1°C o 1K . El calor específico normalmente tiene unidades de $\text{J}/(\text{gramos}\cdot\text{K})$. El calor específico molar, C_m o C_{mol} , mide la cantidad de energía térmica que se necesita para elevar la temperatura de un mol de sustancia en 1°C o 1K , y usualmente tiene unidades de $\text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$. Por ejemplo, la capacidad térmica del plomo puede estar dada como el calor específico, $0.129 \text{ J/g}\cdot\text{K}$, o el calor específico molar, $26.65 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$.

[¿Por qué diferentes sustancias tienen distintos calores específicos? Pensemos en lo que sucede a nivel molecular cuando le agregamos energía térmica a algunas moléculas. La energía térmica puede almacenarse como vibraciones y rotaciones entre los átomos en una molécula, lo cual no aumenta significativamente la temperatura del sistema. La energía también puede usarse para interrumpir las interacciones

intermoleculares y aumentar la velocidad de toda la molécula, lo cual aumenta su energía cinética de traslación.

La temperatura es principalmente una medida de la energía cinética de traslación del sistema. Dependiendo de la estructura molecular y de las interacciones intermoleculares, diferentes sustancias pueden almacenar diferentes cantidades de energía térmica en forma de vibraciones y rotaciones antes de que la temperatura aumente.]

CALCULAR Q USANDO LA CAPACIDAD TÉRMICA

Podemos usar la capacidad térmica para determinar el calor liberado o absorbido por un material mediante el uso de la siguiente fórmula:

$$q = m \times C \times \Delta T$$

donde “m” es la masa de la sustancia (en gramos), C es el calor específico y ΔT es el cambio de temperatura durante la transferencia de calor. Ten en cuenta que la masa y el calor específico solo pueden tener valores positivos, por lo que el signo de “q” dependerá del signo de ΔT . Podemos calcular ΔT al usar la siguiente ecuación:

$$\Delta T = T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}}$$

donde T_{final} y T_{inicial} pueden tener unidades de $^\circ\text{C}$ o K . Con base en esta ecuación, si q es positivo (la energía del sistema aumenta), entonces la temperatura de nuestro sistema aumenta y $T_{\text{final}} > T_{\text{inicial}}$. Si q es negativo (la energía del sistema disminuye), entonces la temperatura de nuestro sistema disminuye y $T_{\text{final}} < T_{\text{inicial}}$.

PROBLEMA DE EJEMPLO: ENFRIAR UNA TAZA DE TÉ

Digamos que tenemos 250ml de té caliente, y nos gustaría que se enfriara antes de intentar beberlo. El té está a 370K, y queremos que se enfríe hasta 350K. ¿Cuánta energía térmica tiene que transferirse del té a los alrededores para que se enfríe?

Té negro con una rodaja de limón en una taza blanca con su plato.



El té caliente va a transferir calor a los alrededores a medida que se enfría. [Fotografía de Photozou, CC BY-NC-ND 2.5](#)

Vamos a suponer que el té es principalmente agua, de modo que podamos usar la densidad y el calor específico del agua en nuestros cálculos. El calor específico del agua es 4.18 J/g*K y su densidad es 1.00 g/mL. Podemos calcular la energía transferida en el proceso de enfriar el té mediante estos pasos:

1. Calcular la masa de la sustancia

Podemos calcular la masa del té/agua usando el volumen y la densidad del agua:

$$m = 250\text{mL} \times 1.00\text{g/mL} = 250\text{ g}$$

2. Calcular el cambio de temperatura, ΔT

Podemos calcular el cambio de temperatura, ΔT , a partir de la temperatura inicial y la final:

$$\Delta T = T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}}$$

$$= 350\text{K} - 370\text{K} = -20\text{K}$$

Como la temperatura del té disminuye y ΔT es negativo, esperaríamos que q también sea negativo, ya que nuestro sistema pierde energía térmica.

3. Despejar q

Ahora podemos encontrar el calor transferido desde el té caliente usando la ecuación de calor:

$$q = m \times C \times \Delta T$$

$$= 250\text{g} \times 4.18\text{ J/(g}\cdot\text{K)} \times -20\text{K}$$

$$= -21000\text{J}$$

Así, calculamos que el té transfiere 21000J de energía a los alrededores cuando se enfría de 370K a 350K.

CONCLUSIONES

En termodinámica, calor y temperatura son conceptos estrechamente relacionados con definiciones precisas.

- El calor, q , es energía térmica que se transfiere de un sistema más caliente a un sistema más frío que están en contacto.

- La temperatura es una medida de la energía cinética promedio de los átomos o moléculas en el sistema.
- La ley del cero de la termodinámica dice que no se transfiere calor entre dos objetos en equilibrio térmico; por lo tanto, están a la misma temperatura.
- Podemos calcular el calor liberado o absorbido utilizando el calor específico C , la masa m de la sustancia y el cambio en temperatura ΔT con la siguiente ecuación: $q = m \times C \times \Delta T$

QUESTIONS/ PREGUNTAS: (SPECIFIC HEAT OF WATER IS $4.18 \text{ J/g} \cdot \text{K}$ OR $^{\circ}\text{C}$)

1. Which of the following is related to how fast the molecules in a substance are moving?
 - a. Heat Energy
 - b. Temperature
 - c. Specific Heat Capacity
 - d. Both heat energy and temperature
2. How much energy is needed to change the temperature of 50.0 g of water by 15.0K?
3. How many grams of water can be heated from 20.0 $^{\circ}\text{C}$ to 75 $^{\circ}\text{C}$ using 12500.0 Joules?
4. What is the final temperature after 840 Joules is absorbed by 10.0g of water at 25.0 $^{\circ}\text{C}$?

5. The heat capacity of aluminum is 0.900 J/g $^{\circ}\text{C}$. a. How much energy is needed to raise the temperature of a 8.50×10^2 g block of aluminum from 22.8 $^{\circ}\text{C}$ to 94.6 $^{\circ}\text{C}$?

6. A piece of metal weighing 59.047 g was heated to 100.0 $^{\circ}\text{C}$ and then put it into 100.0 mL of water (initially at 23.7 $^{\circ}\text{C}$). The metal and water were allowed to come to an equilibrium temperature, determined to be 27.8 $^{\circ}\text{C}$. Assuming no heat lost to the environment, calculate the specific heat of the metal. (Hint: First calculate the heat absorbed by the water then use this value for "Q" to determine the specific heat of the metal in a second calculation).

Calorimetry Practice Problems (Answers)

1. How much energy is needed to change the temperature of 50.0 g of water by 15.0°C?

$$Q = m c_p \Delta T$$

$$3135 \text{ J} \rightarrow 3140 \text{ J} \text{ (rounded answer for sig. figs.)}$$

$$\frac{50.0 \text{ g}}{1 \text{ g}} \times \frac{4.18 \text{ J}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}} \times 15^\circ\text{C} = 3135 \text{ J}$$

2. How many grams of water can be heated from 20.0 °C to 75°C using 12500.0 Joules?

$$Q = m c_p \Delta T$$

$$119.6 \text{ g} \rightarrow 120 \text{ g} \text{ (rounded answer for sig. figs.)}$$

$$m = \frac{Q}{c_p \Delta T} = \frac{12500.0 \text{ J}}{4.18 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C} \times 55^\circ\text{C}} = 119.6 \text{ g}$$

3. What is the final temperature after 840 Joules is absorbed by 10.0g of water at 25.0°C?

$$Q = m c_p \Delta T$$

$$\Delta T = 20.1^\circ\text{C}$$

$$T_f = 25.0 + 20.1 = 45.1^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = T_f - T_i$$

$$+ T_i = T_f$$

$$25.0 + 20.1 = 45.1^\circ\text{C}$$

4. The heat capacity of aluminum is 0.900 J/g°C.

- a. How much energy is needed to raise the temperature of a 8.50 x 10² g block of aluminum from 22.8°C to 94.6°C?

$$Q = m c_p \Delta T$$

$$54927 \text{ J} \rightarrow 54900 \text{ J} \text{ (rounded answer for sig. figs.)}$$

$$= 850 \text{ g} \times 0.900 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C} \times 71.8^\circ\text{C} = 54927 \text{ J}$$

5. A piece of metal weighing 59.047 g was heated to 100.0 °C and then put it into 100.0 mL of water (initially at 23.7 °C). The metal and water were allowed to come to an equilibrium temperature, determined to be 27.8 °C. Assuming no heat lost to the environment, calculate the specific heat of the metal. (Hint: First calculate the heat absorbed by the water then use this value for "Q" to determine the specific heat of the metal in a second calculation)

$$Q_{\text{water}} = 1713.8 \text{ J}$$

$$C_{\text{metal}} = 0.402 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$m_w c_w \Delta T_w = - (m_m \Delta T_m)$$

$$100.0 \text{ g} \times 4.18 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C} \times 4.1 = -59.047 \text{ g} \times \Delta T_m$$

$$\Delta T_m = 0.402^\circ\text{C}$$

6. In a coffee-cup calorimeter, 100.0 g of H₂O and 100.0 mL of HCl are mixed. The HCl had an initial temperature of 44.6 °C and the water was originally at 24.6 °C. After the reaction, the