

NEXT ENGINEERS



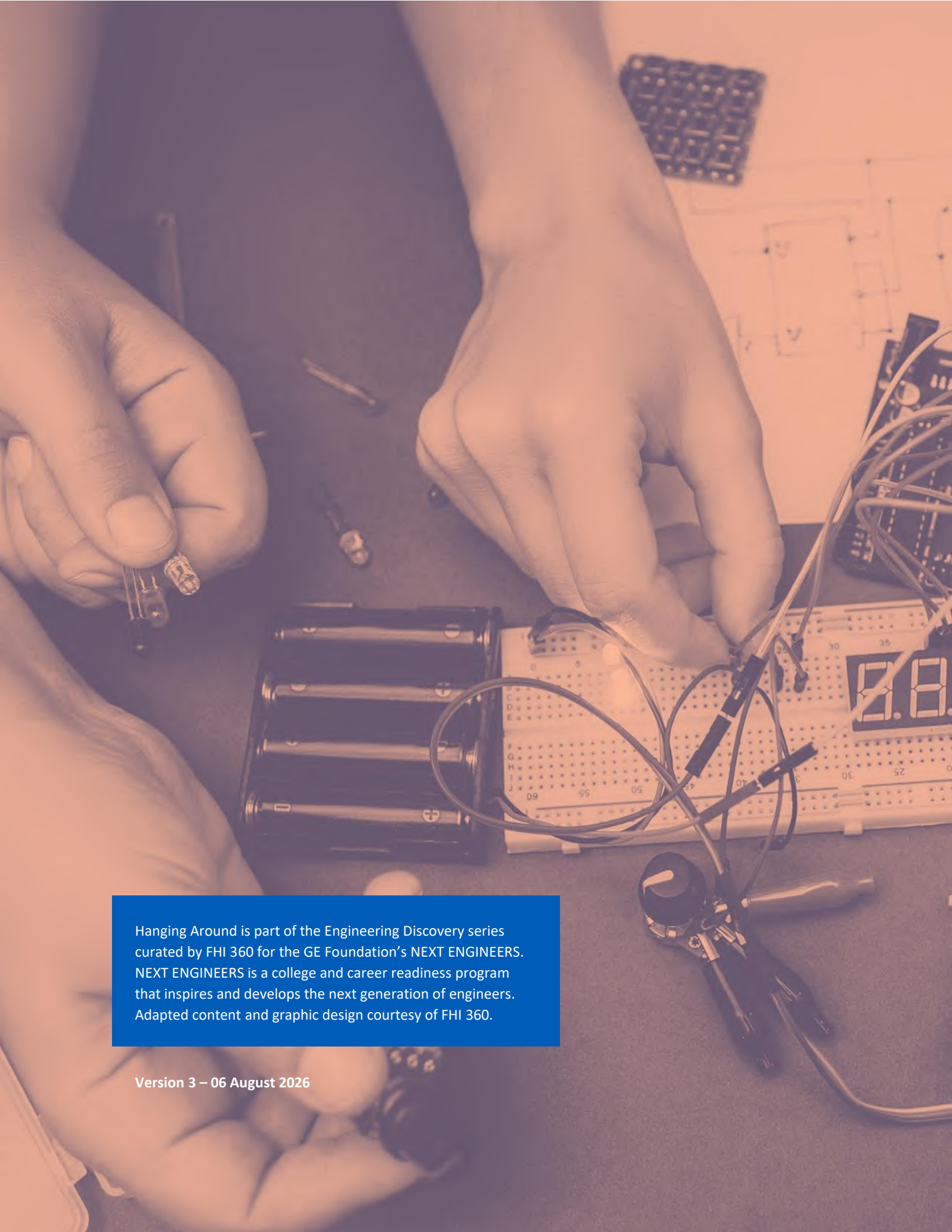
ENGINEERING DISCOVERY

Difficulty Level **1**

Hanging Around
Civil Engineering
Mechanical Engineering



NEXT ENGINEERS



Hanging Around is part of the Engineering Discovery series curated by FHI 360 for the GE Foundation's NEXT ENGINEERS. NEXT ENGINEERS is a college and career readiness program that inspires and develops the next generation of engineers. Adapted content and graphic design courtesy of FHI 360.

Version 3 – 06 August 2026



Hanging Around

HANDS-ON ACTIVITY

Time	Ages	Cost	Group size (teams)	Activity type
70 minutes	11 - 18	Low	3 - 4 students	Hands-on Activity
Engineering Areas				
- Civil Engineering - Mechanical Engineering				

Activity Description

This simple but fun activity gives students the opportunity to explore the forces involved in cantilevers by designing and building their own. Cantilevers are rigid structures that extend out horizontally. Unlike beams, however, they are only supported at one end. Common examples of cantilevers include floating shelves, balconies, and airplane wings. Many bridge designs also make use of cantilevers.

About the Engineering Design Challenge

Students work in teams of three or four to design, build, and test their own load bearing cantilever out of nothing but printing paper and masking tape. Each team will try and create a cantilever able to support the greatest mass as far out as possible. They will calculate a final score for their structure as follows:

$$\text{score} = \text{mass supported (g/oz)} \times \text{distance from edge or brace (cm/in)}$$

Success Criteria

- The cantilever must support as much mass as possible but at least 75 g (2.65 oz).
- The cantilever must support this mass as far out as possible but at least 40 cm (15.75 in) from the edge of the table (or a brace point). All measurements will be taken from the edge of the table or desk (or the point where any bracing is attached) to the point from which the mass is suspended.

Constraints

- Teams must build their cantilevers out from the edge of a table or desk.
- Students may only use the materials provided.
- Students must complete their construction in 45 min or less.



STUDENT DISCOVERIES

Students will:

- Know more about engineering and engineering careers
- Learn the about the Engineering Design Process
- Participate in a team-based learning experience
- Learn about the mechanical properties of cantilevers
- Have fun experiencing engineering

Materials

Students will need blank paper and pens/pencils with which to design their structures.

The following materials will be required **per team** for this activity:

- 10 sheets of A4 or letter print paper
- A roll of masking tape (about 1.5 cm – 2 cm (0.6 in – 0.8 in) wide)
- A packet of small chocolates/sweets each of a known mass
- A tape measure or ruler
- A calculator (have someone in the team use the calculator app on a smart phone)

Facilitation Principles

Working with Youth: Facilitation Tips

(<https://www.nextengineers.org/resource/working-youth-facilitation-tips>) is a handy summary of the key facilitation principles that volunteers need to keep in mind when demonstrating any activity with students.

Facilitator Preparation

1. Read the step-by-step instructions.
2. Collect the materials.
3. Practice doing the activity yourself to identify where students may struggle. Bring whatever objects you practice with to show students.
4. Plan when and how you will share your story and career journey in a relevant and personal way. Try to integrate your story into the demonstration as much as possible. You can find the following volunteer resources for how to tell your story on the Next Engineers website:
 - a. *I'm an Engineer! Storytelling Worksheet*
(<https://www.nextengineers.org/resource/im-engineer-storytelling-worksheet>)
 - b. *I Work with Great Engineers! Storytelling Worksheet*
(<https://www.nextengineers.org/resource/i-work-great-engineers-storytelling-worksheet>)
5. Practice asking and answering questions students may ask. See *Frequently Asked Student Questions* (<https://www.nextengineers.org/resource/frequently-asked-student-questions>).
6. Print out copies of the **Student Worksheet** (below) for each group.
7. Set up each group's materials before the start of the activity.



KEY WORDS

- Braced cantilever
- Cantilever
- Compression
- Constraints
- Criteria
- Engineering Design Process (EDP)
- Engineering Habits of Mind (EHM)
- Engineers
- Iteration
- Prototype
- Simple cantilever
- Tension



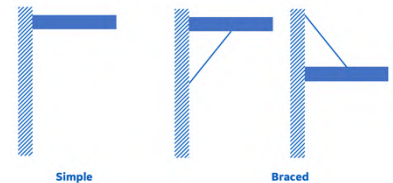
Step-by-Step Instructions

Time	Instructions	Materials
5 min	Welcome & Introductions - Welcome students to the activity and briefly introduce yourself, noting what kind of engineer you are. - Ask students if any of them have ever stood on a balcony. What kind of structure is a balcony? Where is it supported? How does it stay up? - Explain that a balcony is an example of a cantilever. Cantilevers are rigid horizontal structures that are supported only at one end. - Hold your arm out horizontally beside or in front of you to demonstrate a very simple cantilever. Have students do this too. What do they feel? - Ask the group to describe other examples of cantilevers they have come across. Some examples might include float shelves in their home, an awning over a door or window, some bridges, and airplane wings. - Explain that some entire buildings are designed and built as cantilevers. If possible, show the images in the Activity Background. - If you have time, you can also play the video called <i>The Structures That Defy Gravity</i> (8:37) to see some of the world's most remarkable cantilevered structures.	Activity Background
5 min	Pre-Challenge Exploration - Explain to the group that their challenge will be to design and build a cantilever that can support the greatest mass at the greatest distance using nothing but paper and masking tape. - Hold up a piece of paper and ask for suggestions for how it could be used to create a cantilever. - Ask students what could be done to the paper to make it stiffer or stronger. Some options include rolling it into a cylinder or folding it into a triangle (or even a fan). - Now ask students how they can attach this stiffened structure horizontally to the edge of a table so that it remains rigid and horizontal and can support a mass. Some options include bracing it from the top and/or the bottom as shown on the right.	



TIPS FOR WORKING WITH STUDENTS

- **Be prepared** by practicing the activity beforehand. Being prepared is the best start to leading confidently and having fun.
- **Facilitate like an engineer** by reflecting during and after each session. What worked? What could be improved? How could you do things differently next time?
- **Teamwork is critical** in engineering so encourage it among students. Make sure no one dominates and everyone gets to play.
- **Give one instruction at a time** to keep a large group on task and doing what you need them to do.
- **Give regular time updates** to keep students on track.



The basic types of cantilevers



5 min	Challenge Overview - Remind students what their engineering design challenge is and explain that each team's structure will have a final score calculated for it as follows: $\text{score} = \text{mass supported (g/oz)} \times \text{distance from edge or brace (cm/in)}$ - Explain that the length of their cantilever will be measured as the distance from the edge of the table (or the point of attachment of any bracing) to the point at which their mass is attached. - Explain also that teams are going to need to think strategically about both the mass supported and the distance at which this mass is supported. They will need to find the right balance between these criteria.	
45 min	Engineering Design Challenge - Divide the group into teams and hand each team its building materials and a copy of the Student Worksheet and the Engineering Design Process Summary. Remind teams to NOT eat their delicious weights until they have calculated their final score! - Tell teams that they have 45 minutes in which to design, test, and re-design their cantilevers and have you come and measure the distance at which their load is supported in to calculate an official score. - As teams work, circulate around the room encouraging them and answering any questions they might have. - Have teams consider whether they wish to maximize the distance, supported mass, or whether they want to try and find a balance between the two. - Encourage teams to test early and often all in order to achieve the highest score possible. - As teams calculate their scores, move around the room to verify each one.	Building Materials Student Worksheet Engineering Design Process Summary



TIPS FOR MAKING CONNECTIONS

- **Give constructive feedback** to help students grow and improve.
- **Ask open-ended questions** to better understand what and how students are thinking.
- **Be respectful** by listening actively and responding openly and authentically. Give students your undivided attention and the respect you want them to give you.
- **Be honest** about what you know. Say if you don't know something. Encourage students to keep trying by sharing some of your own failures and the lessons you learned.



TOP TIP

Don't let anyone eat the chocolates or sweets until they have been used to test their cantilever and calculate its score!



10 min	Reflection and Closing - Give teams about four minutes to discuss the reflection questions in the Student Worksheet. - After this time, bring the group back together to discuss their answers, paying particular attention to what students learned about engineering and the engineering design process.	Student Worksheet
--------	--	-------------------

Extension

This activity can be extended or modified in the following ways:

- Increase the minimum mass the cantilever needs to support.
- Increase the minimum distance at which the mass needs to be supported.
- Reduce the number of pieces of paper teams have access to.
- Limit the amount of masking tape teams can make use of.

Key Words

- **Braced cantilever:** A cantilever that is supported by a brace either from above or below.
- **Cantilever:** A rigid structure extending horizontally and only supported at one end. It can be formed as a beam, slate, truss, or slab.
- **Compression:** A force that squeezes or pushes the ends of an object together. The object is said to be in compression.
- **Simple cantilever:** A cantilever that has no supporting brace.
- **Tension:** A force that pulls the ends of an object apart. The object is said to be in tension.
- **Constraints:** Limitations of materials, time, budget, size of team, etc.
- **Criteria:** Conditions that the design must satisfy to be considered successful.
- **Engineering Design Process (EDP):** The iterative process of researching, designing, prototyping, and testing engineers use to solve problems and design solutions.
- **Engineering Habits of Mind (EHM):** Six unique ways that engineers think.
- **Engineers:** Inventors and problem-solvers of the world. Twenty-five major specialties are recognized in engineering (have a look at the infographic at https://tryengineering.org/wp-content/uploads/18-EA-381-InfographicEngineering_R2-6.pdf).
- **Iteration:** The process of repeated design, testing, and redesign.
- **Prototype:** A working model of the solution to be tested.

Activity Background

A cantilever is like a normal horizontal beam, except it is supported only at one end. If you have a floating shelf in your house, that is a cantilever. Cantilevers are used commonly in bridge, balcony, and stadium construction. The wings of an aircraft are also cantilevers.

Cantilevers can also be used to create gravity defying structures like this house in Lithuania.





Residential House in Utriai, Lithuania by Architectural bureau G.Natkevicius and partners is used under fair use.

<https://architizer.com/projects/utriai/>

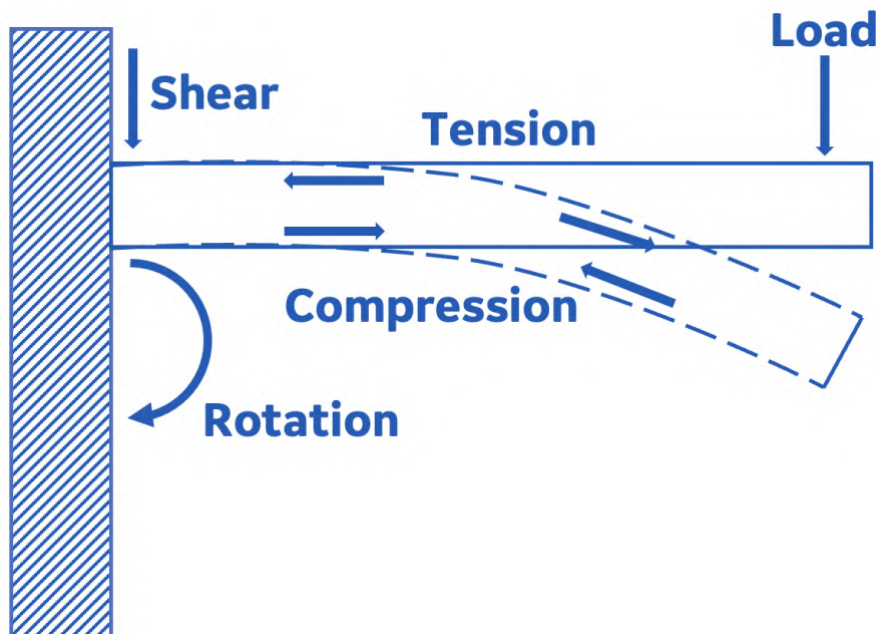


The Lamar Construction headquarters by Integrated Architecture is used under fair use
<https://www.projectpresenter.com/structural-design-incorporated/projects/lamar-construction-company-corporate-headquarters/8686/show>

Visit [11 Houses With Incredible Cantilevers](#) to see some more amazing examples.

Cantilevers are excellent exemplars of four of the most important forces in civil, structural, and mechanical engineering. When placed under load, the cantilever bends. This stretches the top of the cantilever and places the top under tension while pushing the ends of the bottom of the cantilever together and placing the bottom under compression.

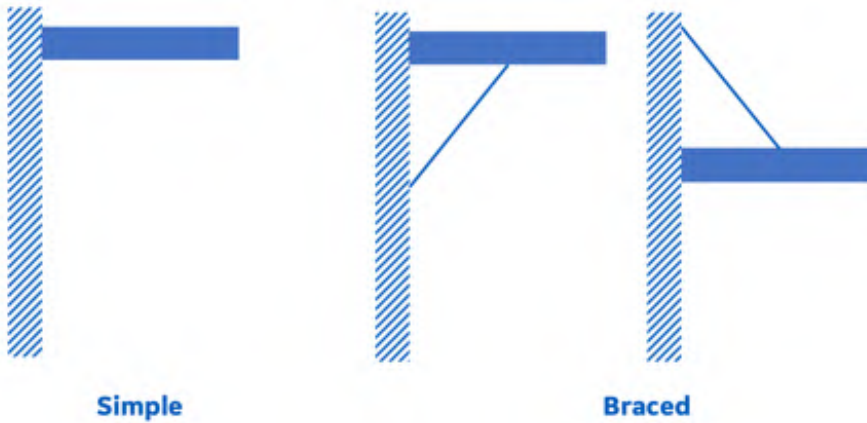
Also under load, the cantilever experiences a rotation force, that wants to rotate it out of its anchor as well as a shear force that wants to push the cantilever down the wall.



There are a few ways to anchor and stabilize a cantilever. One way is to use brute force and anchor the cantilever very securely into a wall. This is how floating shelves and balconies work. These are termed simple cantilevers.

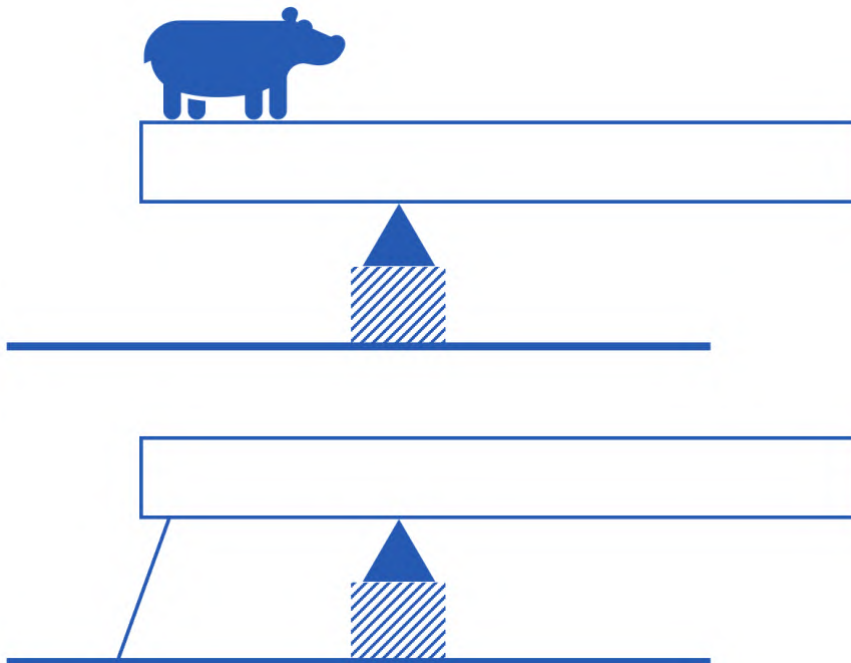


You can also brace a cantilever from above or below. When braced from above, the brace experiences tension as the cantilever and load pulls down on it.



When braced from the bottom, the brace is under compression as the cantilever and load push on it.

Another method is to use a pivot and some sort of counter-weight. The counter-weight can either be a really heavy object or some sort of tensioned cable system.



To learn more about cantilevers watch the video called *The Architecture of Cantilevers* (8:08).



Additional Resources

- *The Structures That Defy Gravity* (8:37)
<https://www.youtube.com/watch?v=opTiYDNaXbE>
- *11 Houses With Incredible Cantilevers*
<https://www.archdaily.com/889129/11-houses-with-incredible-cantilevers>
- *Cantilevers: Gravity-defying architectural protrusions*
<https://edition.cnn.com/style/article/cantilevers-architecture-dezeen/index.html>
- *The Architecture of Cantilevers* (8:08)
<https://www.youtube.com/watch?v=Wwqvzxm0rio>





Na krawędzi

MATERIAŁY DLA UCZNIÓW

Zbudujcie wspornik z papieru, który utrzyma jak największą masę, wysuniętą jak najdalej poza krawędź stołu.

1

ZIDENTYFIKUJ I ZDEFINIUJ PROBLEM

Kryteria sukcesu

- Wspornik musi utrzymać jak największą masę, jednak co najmniej 75 g.
- Wspornik musi utrzymać ją jak najdalej od krawędzi stołu (lub punktu podparcia), jednak w odległości co najmniej 40 cm.
- Wynik zostanie obliczony jako podtrzymywana masa x odległość od krawędzi stołu lub punktu podparcia

Ograniczenia

- Można korzystać wyłącznie z udostępnionych materiałów.
- Na wykonanie zadania macie 45 minut.

2

ZBIERZ INFORMACJE

Materiały

- 10 kartek papieru
- Taśma malarska
- paczka małych czekoladek lub cukierków o znanej masie
- taśma miernicza lub linijka

? Zastanówcie się

- Jakie wsporniki widzieliście w prawdziwym życiu? Czy były podparte lub usztywnione? W jaki sposób zostały usztywnione?
- Jak sprawić, aby cienki papier stał się wytrzymały?
- Czy lepiej skupić się na utrzymaniu większego ciężaru, czy na wysunięciu go dalej poza krawędź stołu?

7

ZAPREZENTUJ LUB ZAKOMUNIKUJ ROZWIĄZANIE

Prowadzący musi potwierdzić Wasz wynik. Gdy uznacie, że Wasz wspornik utrzymuje największy ciężar na największej odległości, poproście prowadzącego o ocenę.

6

5

TESTUJ, OCENŃ I PRZEPROJEKTUJ SWÓJ PROTOTYP

Kiedy będziecie gotowi, rozpocznijcie testowanie wspornika, dokładając po jednej czekoladce lub cukierku. Nie musicie zaczynać od umieszczania ciężaru na samym końcu wspornika. Rozpocznijcie od umieszczania go bliżej stołu, a następnie stopniowo przesuwajcie coraz dalej, aby sprawdzić, w którym momencie wspornik przestanie wytrzymywać obciążenie.

? Zastanówcie się

- W którym miejscu Wasz wspornik uległ uszkodzeniu? Czy możecie wzmocnić to miejsce?
- Czy dodatkowy element usztywniający pomógłby wzmocnić konstrukcję? Czy warto poświęcić część zasięgu wspornika, aby dodać element usztywniający?
- Czy lepiej utrzymać większy ciężar na mniejszej odległości, czy mniejszy ciężar na większej odległości? Które rozwiązanie zapewni Wam

1
Zidentyfikuj i zdefiniuj problem

2
Zbierz informacje

3
Generuj możliwe rozwiązania

4
Utwórz prototyp

5
Testuj i oceń prototyp

6
Udoskonalaj i/lub przeprojektuj rozwiązanie

7
Zaprezentuj lub zakomunikuj rozwiązanie

Proces projektowania inżynierskiego (EDP)

4

UTWÓRZ PROTOTYP

Teraz czas zbudować Wasz wspornik. Obserwujcie, co robią inne zespoły i zastanówcie się, czy niektóre elementy ich konstrukcji mogłyby ulepszyć plan Waszego zespołu.

Pamiętaj: Wspornik zostanie oceniony na podstawie następującego wzoru: podtrzymywana masa x odległość od krawędzi stołu lub punktu podparcia. Jeśli zastosujecie element usztywniający, odległość będzie mierzona od miejsca, w którym łączy się on ze wspornikiem.

3

GENERUJ MOŻLIWE ROZWIĄZANIA

Zanim zaczniecie budowę, podzielcie się z zespołem pomysłami na wykonanie wspornika. Im więcej pomysłów, tym lepiej, nawet tych najbardziej szalonych! Narysujcie lub naszkicujcie kilka swoich pomysłów na kartce papieru.

? Zastanówcie się

- Jak sprawić, aby papier stał się wytrzymały? W jakie kształty możecie go złożyć? W jaki sposób możecie wykorzystać taśmę malarską?
- Jak długi będzie Wasz wspornik?
- W jaki sposób przymocujecie wspornik do stołu?
- Czy zamierzacie zastosować elementy usztywniające?
- Czy lepiej będzie zastosować elementy usztywniające przymocowane od góry czy od dołu?
- Czy próbujecie zwiększyć ciężar, jaki może utrzymać Wasz wspornik, czy raczej odległość, na jakiej będzie w stanie go utrzymać?



DYSKUSJA I REFLEKSJA W ZESPOLE



1. Jak bardzo Wasz pierwotny projekt był podobny do konstrukcji wspornika, którą zespół faktycznie zbudował?
2. Jeśli stwierdziliście konieczność wprowadzenia zmian w trakcie projektowania, jakie były to zmiany i dlaczego zdecydowaliście się je wprowadzić?
3. Czy Wasz wspornik spełnił oba wymagania: utrzymał minimalny ciężar i osiągnął minimalną odległość?
4. Który wspornik zbudowany przez inny zespół wydał się najbardziej efektywny lub interesujący? Dlaczego?
5. Gdybyście mogli użyć jednego dodatkowego materiału, co byście wybrali i dlaczego?
6. Czy uważasz, że wykonywanie tego ćwiczenia w zespole było bardziej satysfakcjonujące, czy wolałbyś/wolałabyś pracować nad nim sam/a? Dlaczego?
7. Czego dowiedzieliśmy się o inżynierii?
8. Jak myślicie, jaki związek ma to ćwiczenie ma z karierą inżynierską?

W D O M U

Kiedy wrócisz dziś do domu, opowiedz swojej rodzinie o wsporniku, który zbudowałeś/zbudowałaś oraz o tym, jaki ciężar udało Ci się utrzymać i w jakiej odległości od krawędzi stołu. Jeśli zrobiłeś/zrobiłaś zdjęcia lub nagrałeś/nagrałaś filmy, koniecznie je pokaż!



Wyjaśnij, czym jest wspornik i gdzie można spotkać takie konstrukcje w prawdziwym życiu. Zapytaj członków swojej rodziny, jakie wsporniki widzieli. Opowiedz, w jaki sposób elementy usztywniające pomagają wzmocnić wspornik oraz że mogą być zamocowane zarówno od góry, jak i od dołu.

Opisz, jak współpracowaliście w zespole podczas projektowania, budowy i testowania wspornika oraz jakie zmiany wprowadzaliście w trakcie pracy. Powiedz, czego nauczyłeś/nauczyłaś się o procesie projektowania, jak wiedza ta odnosi się do pracy inżynierów oraz w jaki sposób inżynierowie podchodzą do rozwiązywania problemów.

Jeśli chcesz, możesz również porozmawiać z rodziną o odpowiedziach na wybrane pytania podsumowujące, nad którymi zastanawialiście się wspólnie z zespołem.





Proces projektowania inżynierskiego

MATERIAŁY DLA UCZNIÓW

Proces projektowania inżynierskiego (EDP¹) to kluczowy proces, który stosują inżynierowie rozwiązując problemy i projektując rozwiązania.

1. Zidentyfikuj i zdefiniuj problem

Inżynierowie zaczynają od zadawania wielu pytań. Jaki problem trzeba rozwiązać? Kogo to problem? Co chcemy osiągnąć? Jakie są wymagania projektu? Jakie są ograniczenia? Jaki jest cel? Dzięki temu procesowi inżynierowie zaczynają identyfikować **kryteria** (warunki, jakie rozwiązanie musi spełniać, aby można je było uznać za skuteczne) i **ograniczenia** (granice, w ramach których muszą projektować).

2. Zbierz informacje

Inżynierowie dogłębnie analizują problem, zbierając **informacje i dane** na jego temat i na temat wszelkich istniejących rozwiązań, które można by zastosować. Aby wesprzeć badania, rozmawiają z ludźmi z wielu różnych środowisk i dziedzin.

3. Generuj możliwe rozwiązania

Teraz zaczyna się prawdziwa zabawa! Inżynierowie rozpoczynają **burzę mózgów** i opracowują jak najwięcej rozwiązań, niekiedy bardzo szalonych. To czas śmiałych pomysłów i odroczonej osądy. Ważne jest, aby rozwijać pomysły innych, jednocześnie skupiając się na sednie problemu i pamiętając o kryteriach i ograniczeniach. Na przykład, czy jeśli jest określony budżet, to czy potencjalne rozwiązanie da się opracować w ramach tego budżetu?

4. Utwórz prototyp

Inżynierowie wybierają jedno lub więcej najbardziej obiecujących rozwiązań do **prototypowania**. Prototyp to działający model, który należy poddać próbie.

5. Testuj i oceń prototyp

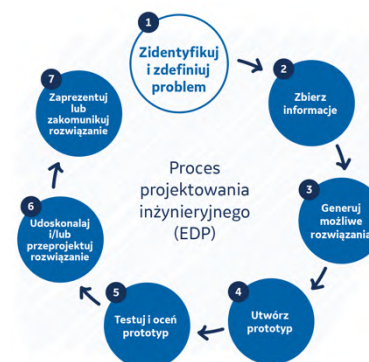
Większość prototypów **zawodzi**, ale to dobrze. Podpowiada inżynierom, na jakich pomysłach powinni się skupić. Inżynierowie muszą również zdecydować, czy projekt rzeczywiście rozwiązuje pierwotny problem.

6. Udoskonalaj i/lub przeprojektuj rozwiązanie

Po zdobyciu wiedzy w wyniku testów inżynierowie **projektują na nowo i ponownie testują** dopóty, dopóki nie znajdą optymalnego rozwiązania – takiego, które równoważy kryteria i ograniczenia.

7. Zaprezentuj lub zakomunikuj rozwiązanie

W końcu inżynierowie dochodzą do punktu, w którym są zadowoleni ze swojego rozwiązania. Nie musi być ono idealne, ale powinno „**zadowalać**” – spełniać kryteria w ramach ograniczeń. Inżynierowie następnie dzielą się swoimi rozwiązaniami z innymi.



¹ Źródło <https://www.teachengineering.org/design/designprocess>



Hanging Around Volunteer Guide

This guide highlights some important information, questions, and principles to help you support teams in this challenge. Start by watching a video that explains some of the *Principles for Supporting Young Engineers* (9:40) and then *An Introduction to the Design Challenges* (6:08). You can also read about some general *facilitation tips* when working with youth.

The design challenge

In this activity, students work in teams of three or four to design, build, and test their own load bearing cantilever out of nothing but printing paper and masking tape. Each team will try and create a cantilever able to support the greatest mass as far out as possible. They will calculate a final score for their structure as follows:

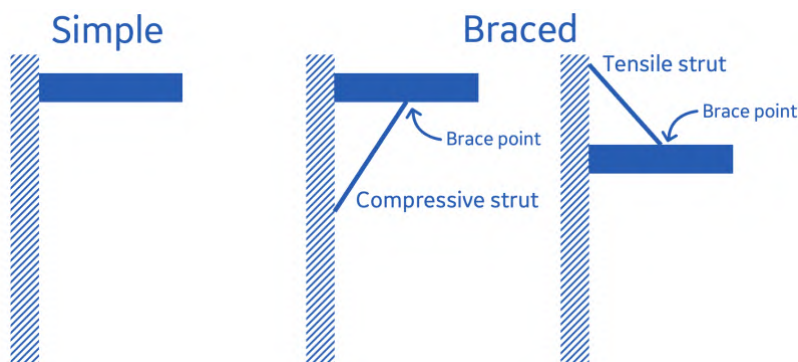
$$\text{score} = \text{mass supported (g/oz)} \times \text{distance from edge or brace (cm/in)}$$

The criteria and constraints for this challenge are reasonably simple.

- Success criteria
 - The cantilever must support as much mass as possible but at least 75 g (2.65 oz).
 - The cantilever must support this mass as far out as possible but at least 40 cm (15.75 in) from the edge of the table (or a brace point). All measurements will be taken from the edge of the table or desk (or the point where any bracing is attached) to the point from which the mass is suspended.
- Constraints
 - Teams must build their cantilevers out from the edge of a table or desk.
 - Students may only use the materials provided.
 - Students must complete their construction in 45 min or less.

Possible design solutions

It is almost inevitable that teams will build a braced rather than simple cantilever. If they build a braced cantilever, they will need to decide whether to use a compressive or tensile strut i.e., whether to brace from below or above.



FACILITATION NOTE

This challenge is customizable in terms of the minimum requirements for the mass to be supported and the minimum distance at which it must be supported. Check with the facilitator as to what criteria they have put in place.



FACILITATION NOTE

It may be tempting for teams to simply wrap their cantilever in copious amounts of masking tape. If necessary, illustrate how making tape is weak under compression but strong under tension. Suggest that this property might make their tape more useful to them in other ways, like as a tensile strut, leaving more paper to create a reinforced cantilever beam.



In addition, they will need to decide on the cross-sectional shape of their cantilever and strut. Here are some of the possible cross-sections they could choose from.



Finally, teams might decide to internally reinforce their cantilever and/or strut as in the examples below. Many pieces of paper working together are stronger than one.



Key design questions

Encourage teams to pause and share their ideas before jumping straight into building. The more ideas, the better—and crazy ideas are welcome! Also, remind them that they should produce a sketch of their design before they start building anything. Explain that sketches are a great way to test out different designs quickly and cheaply.

Here are some questions you can ask to help their design process:

- What shapes can they create that are strong and stiff? What shapes are beams they have seen in buildings and other structures.
- How are they going to attach their structure to the table?
- Is there a way they can reinforce their cantilever internally in some way?
- How can they support or strengthen that part of the cantilever that extends beyond the edge of the table either from the top or the bottom?
- How important is the position from which the mass is suspended?

Key testing questions

As teams build, encourage them to test early and often. Here are some questions you can ask while teams test and iterate:

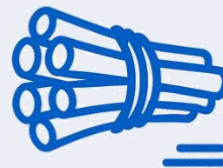
- Are there any particular weak points in their system? How could they strengthen or reinforce these?
- Can they add a brace to help support their cantilever? Remember that you will measure your distance from the point at which this brace connects to the cantilever so, is adding a brace worth the sacrifice in distance?
- Are there any other cantilever (or strut) cross-sectional shapes they could try or ways to internally reinforce their cantilever?



FACILITATION NOTE

Strongly encourage teams to draw their design ideas on paper first.

If possible, explain why engineers draw sketches of their designs before they build by relating your own experience.



FACILITATION NOTE

Just as a bundle of sticks is stronger than a single stick, so multiple pieces of paper are stronger than a single piece of paper where they are combined into a single shape or when many smaller shapes are bundled together.



- Is there any advantage in sacrificing mass for greater distance or distance for greater mass? Where is the sweet spot in order to get the highest score?

