

REACH FOR THE SKY

家庭活動

玻璃的力量

學習成果

- **識別**玻璃的材料特性。
- **運用**所學的知識設計玻璃結構。
- **設計並製作**一塊糖玻璃。
- **評估**自己的玻璃設計，在各種條件下進行測試。

試想.....

你正站在輕鬆通往高空的電梯裡。你可以感到自己正直衝雲霄，整個曼哈頓的建築正在你的腳下，離你越來越遠，但封閉的電梯讓你無法看到自己已經飛了多高。電梯以一種激動人心的速度爬升了一分鐘後，停了下來。電梯門緩緩打開，你被眼前的景色驚呆了。Edge 露天平台上四周的圍牆全部由玻璃製成，可將紐約市天際線的 360 度全景盡收眼底。你來到觀景台，踏上地板中間的一塊透明玻璃板。你感覺自己好像失去重力，漂浮在空中，腳下是繁忙的街道。最後，你走到露天平台的邊緣。想像自己把重力拋到了九霄雲外。你正站在一個由玻璃圍成的三角形結構的尖端位置前，該結構與整個建築成一定角度向外探出，讓你可以靠在上面。透過玻璃，你可以欣賞身邊一望無際的景色，體驗漂浮在城市上空的感覺。這就是 Edge 令人驚心動魄的參觀體驗。

指導問題

設計 Edge 的建築師和工程師如何用玻璃打造堅固、美觀、可持續的摩天大樓？

活動概覽

在本次活動中，全家人將一起瞭解人類所知的最不可思議的材料之一 玻璃。他們將探索玻璃如何在環境中自然形成，瞭解用於建造 Edge 的特種玻璃，並用糖製作自己的玻璃板樣品。然後，全家人將進行一系列測試，看看他們的玻璃板如何顯示玻璃的物理特性：透明度、耐熱性、耐化學性和抗破損能力。

REACH FOR THE SKY

所需材料¹

- 方格紙
- 鉛筆
- 蠟筆
- 蠟紙或羊皮紙
- 剪刀
- 1 杯水
- 3 ½ 杯白砂糖
- ½ 杯淺色玉米糖漿
- ¼ 茶匙塔塔粉
- 邊緣凸起的烤盤
- 糖果溫度計
- 抹刀
- 烹飪噴霧劑
- 鋁箔
- 吸管或木質串肉扦
- **測試**採集表
- 噴水瓶
- 蠟燭，配火柴或打火機

¹ 配方改編自 <https://www.wikihow.com/Make-Sugar-Glass>

REACH FOR THE SKY

操作說明

第 1 階段：研究與設計

1. 玻璃是什麼？^{2,3,4}

- a. 玻璃在生活中隨處可見，但你可曾停下來認真考慮過這種材料？玻璃是一種神奇的材料。如果你在家中環顧四周，那麼基本在每個房間都能看到玻璃。玻璃會出現在你意料之中的地方（如窗戶、相框和飲料瓶），也會出現在你意想不到的地方。（幫助我們存取網際網路的光纖電纜就是用玻璃製成的，另外，你所住的房屋可能就採用了玻璃纖維或玻璃強化塑料織物進行絕緣防護。）
- b. 令人驚訝的是，玻璃很難被定義。目前已知的玻璃種類超過 350,000 種，每種玻璃的配方都不相同。最基本的玻璃配方包括沙子（二氧化矽）、石灰和純鹼。由於這些成分在加熱後被迅速冷卻，它們沒有機會按照規則模式進行排列。因此，玻璃具有透明的性質。⁵
- c. 你以為玻璃僅僅是一種人造材料嗎？再想一想！玻璃可以自然形成。當二氧化矽含量較高的岩石被加熱後迅速冷卻時，就會形成玻璃。當從火山中湧出的炙熱岩漿突然冷卻時，就會形成火山玻璃。早期人類用黑曜石（即火山玻璃）來製造工具和武器。
- d. 人類很早就認識到玻璃的價值，而人類製造玻璃的歷史長達數千年。據信約在 4000 年前，人類在美索不達米亞首次製造出玻璃。⁶人類製造玻璃既出於實用目的，也出於宗教目的。

2. 玻璃有什麼特性？

- a. 玻璃擁有四個與眾不同的特性：
 - i. 透明度：允許光線透過的能力
 - ii. 耐熱性：耐高溫的能力
 - iii. 抗壓/抗破損能力：可以透過名為回火的工藝變得異常堅固
 - iv. 耐化學性：因其不易受到腐蝕或被溶解，因此可用於許多產品中

3. 是什麼讓 Edge 從紐約市所有觀景台中脫穎而出？

- a. 是玻璃！Edge 之所以能讓遊客欣賞紐約市 360 度全景，帶來無與倫比的體驗，正是**因為**整個觀景台採用了玻璃圍牆。
 - i. 帶角度的玻璃結構，讓遊客可以將身體探出 Edge 邊緣！

² <https://cen.acs.org/articles/95/i47/s-glass-modern-day-researchers.html>

³ <https://www.glassallianceurope.eu/en/what-is-glass#:~:text=Glass%20is%20made%20from%20natural,temperature%20it%20be-haves%20like%20solids>

⁴ <https://www.theatlantic.com/technology/archive/2018/04/humankinds-most-important-material/557315/>

⁵ <https://www.theatlantic.com/technology/archive/2018/04/humankinds-most-important-material/557315/>

⁶ <https://www.cmog.org/article/origins-glassmaking>

REACH FOR THE SKY

- ii. 玻璃地板讓遊客能夠從 100 層樓的高空俯瞰紐約車水馬龍的街道，這感覺讓人既興奮又膽戰心驚。
 - iii. 玻璃板交匯的東方觀景點帶給你一種完全失重的感覺。
 - b. Edge 底部包含 15 個獨立的部分，分別被固定在大樓的東外牆和南外牆上。整個平台最堅固的部分是安裝玻璃地板的地方！
- 4. 我能在家裡的廚房做出玻璃嗎？
 - a. 當然可以！使用一些常見的家庭食材，你就能在家製作糖玻璃。糖玻璃一直被用於電影中的特技表演，因為它既便宜又逼真！
- 5. 如何製作？
 - a. 按照以下配方製作你自己的玻璃板。然後，對玻璃板進行一系列揭示其物理特性的測試（共四項），看看它的表現如何。在你開發和測試玻璃板時，你也在參與一個被稱為工程設計週期的過程。該過程包括工程師和科學家用來開發新產品的一系列步驟。工程設計週期如下所示：
 - i. 研究與設計
 - ii. 樣品
 - iii. 測試
 - iv. 思考
 - v. 改進
- 6. 我已準備好開始工程設計過程的第一步：研究與設計。我要做什麼？
 - a. 研究
 - i. 一切從這裡開始。研究包括獲取背景資訊，幫助你在開始設計過程之前瞭解自己的產品應該做什麼，為什麼。想知道從哪裡開始，你必須弄清楚兩個關鍵問題 — 標準和限制。標準是你的產品必須滿足的規格。限制是指你在製作時必須遵循的限制條件。以下是你的玻璃板需要遵循的標準和限制：
 - 1. 標準：玻璃板必須足夠堅固，能夠經受以下四項測試：
 - a. 玻璃板在光的照射下，必須具有透光性。
 - b. 敲擊時不得開裂或斷裂。
 - c. 用水噴灑時，不能完全融化。
 - d. 放在較小的火焰上時，不能完全融化。
 - 2. 限制：
 - a. 必須按照提供的配方製作玻璃。

REACH FOR THE SKY

- b. 做出的玻璃板大小必須與烤盤尺寸一致。
- c. 可使用常見的家居用品來加固你的玻璃，如吸管和木質串肉扦。
- d. 玻璃板可以做成你想要的任何形狀。
- e. 你的玻璃板不能使用由金屬製成的增強材料，也不能用膠水或其他化學品進行加固。

b. 設計

- i. 在方格紙上為你的玻璃板畫出設計草圖。
- ii. 用蠟筆在蠟紙或羊皮紙上描出你的設計。剪下描好的圖紙並將其放在烤盤上。
- iii. 用鋁箔圍出一個邊界，幫助你的玻璃在冷卻時保持形狀。
- iv. 在圍出你滿意的形狀後，準備製作你的玻璃混合物。

第 2 階段：樣品

1. 現在我已經研究並設計出了自己滿意的形狀，這是否意味著接下來我可以進行樣品製作了？
 - a. 是的！現在你該製作自己的玻璃混合物了。以下是操作方法：
 - i. 首先，用烹飪噴霧劑噴灑烤盤/鋁箔模具，防止糖混合物粘住烤盤或模具。
 - ii. 將糖、水、玉米糖漿和塔塔粉放入鍋中。用中火將配料慢慢煮沸，並不斷攪拌混合物。注意不要讓混合物溫度過高，否則會焦糖化或燒糊。
 - iii. 隨著混合物溫度升高，它會從混濁變得清澈。當混合物頂部形成泡沫時，你就知道它要沸騰了。
 - iv. 將糖果溫度計放入鍋中。讓混合物保持小火沸騰，直到溫度達到 300 華氏度。（請耐心等待 — 這個過程可能需要一個多小時！）。
 - v. 當混合物溫度達到 300 華氏度時，慢慢將其倒在烤盤上。一定要非常小心—它真的很燙！
 - vi. 把烤盤放在堅硬的表面上，讓其冷卻約一個小時。當它開始冷卻時，可添加任何強化材料（如木質串肉扦或吸管）來增強你的設計。
 - vii. 當混合物冷卻後，用熱水燙一下刀，然後用刀輕輕地在混合物邊緣和烤盤之間劃過。這能幫助你將新做好的玻璃板與烤盤分開。把它們分開後，輕輕地將烤盤翻過來，玻璃板就落在你手裡了。
 - b. 看看 — 你做好了一塊玻璃板！下一步，你會看到它在一系列測試中的表現。

REACH FOR THE SKY

第 3 階段：測試

1. 寫下你的假設，描述你製作的玻璃將如何經受「測試」採集表上的一系列測試。
2. 使用「測試」採集表來評估你的玻璃結構在經受一系列挑戰時表現如何。
3. 進行所有四項測試，將你的觀察結果寫在採集表上。
4. 完成每項測試後，請對你的結果進行回顧。你的哪個假設實現了？有什麼讓你感到驚訝？將其寫在你的「測試」採集表格中。

第 4 階段：思考

1. 你的玻璃在測試程序中表現如何？
2. 你會對自己的樣品做哪些改進？

第 5 階段：改進

1. 想像一下，如果你需要製作幾個可以組合在一起的玻璃板。這會如何影響你的設計？
2. 想想玻璃在我們日常生活中各種各樣的用途：我們用它來烹飪食物、製造光纖電纜、保證我們在汽車和飛機上的安全，還用它來建設我們的城市。玻璃的特性如何讓它在所有這些差異巨大的用途中游刃有餘？
3. 全家人一起觀看 [未來已至 \(The Future is Now\)](#) 虛擬實地考察，並親自參觀位於哈德遜廣場的 Edge。在觀看或參觀時，請觀察玻璃的所有不同運用方式。暫停並觀察不同的玻璃結構，花點時間瞭解人們如何運用這種古老的材料設計出全球其中一棟最現代化、最具可持續性的大樓！科學和工程能幫助我們構思更加美好、可持續的未來。你能如何利用科學的力量對周圍的世界進行創新？

REACH FOR THE SKY

國家標準

新一代科學教育標準 (NGSS)

MS-ETS1-3.

分析測試資料，判斷幾個設計解決方案之間的相似點和不同點，確定每個設計解決方案的最佳特點，並融合這些特點，組成一個新的解決方案，以更好地滿足成功標準。

MS-PS1-3.

收集並理解資訊，對來自自然資源的合成材料及其社會影響進行描述。 [解釋說明：重點是自然資源經過化學過程形成合成材料。新材料的例子可能包括新的藥品、食品和替代燃料。] [評估範圍：評估僅限於定性資訊。]

操作說明

1. 玻璃板製作完成後，對它在下列四項測試中的表現分別提出假設。將你的假設寫在表格中相應欄的下方。
2. 寫下你的假設後，請完成所有四項測試。進行測試時，將你的觀察結果記錄在表格中。
3. 完成所有四項測試後，確定你的假設與實際測試結果之間的相似點和不同點。記下所有讓你感到驚訝的結果！

	假設	測試觀察結果	假設與測試結果之間的相似點/不同點
<p>透明度</p> <p>測試 1：讓光照射你的玻璃板。透過玻璃板你能看到東西嗎？</p>			
<p>抗壓能力</p> <p>測試 2：一隻手握住玻璃板，另一隻手輕輕敲擊玻璃板前部。它是否出現碎裂或斷裂？</p>			
<p>耐化學性</p> <p>測試 3：用噴水瓶的最大水流對你的玻璃板噴五次水。它是否融化？</p>			
<p>耐熱性</p> <p>測試 4：將玻璃板放在蠟燭或打火機火焰上方約 10-12 英寸處。放置 30 秒。它是否融化？</p>			