

「水金九礦業遺址」世界遺產潛力點學習活動設計表

主題名稱：礦坑裡的科學 物理篇

建議節數：共3節，每節45分鐘

單元一：進礦坑，不要大聲喧嘩！

設計者：邱意茵

單元二：挖礦坑囉！

備課成員：

單元三：礦坑實境探訪

江逸傑、胡心如、蔡秀芳、龍慧真、高玉娟

適用年段：國中八年級、九年級

活動地點：黃金博物館、本山五坑

設計理念

「金瓜石」是一個因「黃金」迅速興起與簡漸沒落的產業型聚落，在歷經幾十年的繁華與衰落的「金瓜石」，有著許多珍貴的文化遺址，受到國際的關注，被列為世界文化遺產之一。「金瓜石」地處臺灣東北角，北瀕太平洋海岸，東依無耳茶壺山，西傍基隆山，南臨草山，西南與九份相鄰，為一有山有海之地帶。本區擁有完整採金史，可媲美世界上其他的礦城，保有採金時期的建築物、坑道、礦坑、開採器具與工具等等，更可反映出當時先民在此採礦的歷史，自然景觀、人文資產與聚落記憶，散佈在金瓜石大街小巷。在開挖初期，「金瓜石」僅產黃金，在發現硫砷銅礦之後，該區便轉變為金銅礦都開採煉製的礦區。後來，陸陸續續在長仁地區發現許多礦體，產金量直線上升，年產量達27,794兩，銅的產量於1914年曾創下1,875噸的紀錄。1945年光復初期，金瓜石礦山由「臺灣金銅礦物局」接手管理繼續開採。1955年，改組為「臺灣金屬礦業公司」。1978年，陸續於樹梅地區、第三長仁礦體附近進行大規模的露天開採。一直至1987年，終於結束營業，關閉各礦場。

新北市國教自然科輔導團藉著此次與黃金博物館合作的機會，將珍貴的世界文化遺產轉化為國中自然科教案，結合國中自然科理化部分的相關課程，讓孩子可以藉由黃金博物館來了解礦坑的開挖過程與禁忌以及金屬礦的運輸過程。例如在「進礦坑，不要大聲喧嘩！」單元中，讓孩子透過聲音實驗的操作，更了解聲音的特性，進而體會前人在挖礦時，所訂下的禁忌規則，祈求能有一個平安和豐收的挖礦之行。在「進礦坑囉！」單元中，除了瞭解前人開挖礦坑的流程之外，還有對「架牛條」所使用的相思木，做進一步探討和搭拱橋實驗。在「礦坑實際探訪」單元中，藉由實際走訪本山五坑，讓孩子更能體會與感受挖礦的辛苦，並深入了解實際礦坑日常生活的狀況，更能體認以前的台灣礦工生活。

九年一貫能力指標與十二年國教課程綱要

※九年一貫能力指標

2-4-1-1 由探究的活動，嫻熟科學探討的方法，並經由實作過程獲得科學知識和技能。

2-4-1-2 由情境中，引導學生發現問題、提出解決問題的策略、規劃及設計解決問題的流程，經由觀察、實驗，或種植、搜尋等科學探討的過程獲得資料，做變量與應變量之間相應關係的研判，並對自己的研究成果，做科學性的描述。

次主題 216 聲音、光與波動

聲音的傳播

1a. 察覺物體發聲時，有在振動(例如說話、打鼓)。

1b. 察覺聲音藉物質傳播(例如拉緊的線、水管等)。

1c. 察覺能由聲音裡獲得許多訊息。

次主題 420 材料

日常生活中的材料

2a. 能舉例說明木材、塑膠、金屬、玻璃、陶瓷與衣料纖維等日常材料。

日常材料的應用

3a. 透過資料蒐集認識木材、塑膠、金屬、玻璃與陶瓷對生活的影響，並認識不同的衣料纖維。

次主題 522 自然之美

2a. 由觀察欣賞生活中動物、植物、石頭、山川的變化。

2b. 體會日、地、月所形成的時序之美(例如春花、秋月、楓紅)。

3a. 由觀察欣賞生命成長、天象、地質、海洋、天候變化的奧妙。

3b. 觀察並體會化學結晶之美與礦物之美。

※十二年國教課程綱要

Ka-IV-3 聲波會反射，可以做為測量、傳播等用途，但人耳聽不到超音聲波。

Ka-IV-4 耳朵可以分辨不同的聲音，如大小、高低和音色；對聲音的特性做深入的研究可以幫助我們更確實防範噪音的汙染。

Mc-IV-2 運用生物的構造與功能，可改善人類生活。

連結文化遺產的登錄標準

水金九礦業遺址完整地保存產業遺產面貌與豐富的歷史文化遺跡，吸引經濟、歷史、地質、植物等學者的研究興趣，區內的人文資源—聚落景觀、歷史空間、民俗祭典（包含太子賓館、日式房舍建築群、黃金神社、勸濟堂）；自然景觀—地形資源與水景資源；礦業地景—礦區、坑口、礦業運輸動線與冶煉設施等文化資產，生動地記錄一部臺灣礦業發展史，符合世界遺產登錄標準第二項。

近年來，由於礦業停採後，聚落生活的空間紋理漸漸遭到破壞，部分聚落景觀，如當年日籍高級職員居住的日式宿舍，因年久失修而部份遭到拆除、礦工聚落也因改建而出現與景觀不協調的西式建築；曾是金瓜石聚落脈動的纜車道、索道，因停工拆除而難以重現，面對社會與經濟的快速發展，金瓜石聚落正處於脆弱狀態，符合世界遺產登錄標準第五項。

（資料來源：文化部資產局臺灣世界遺潛力點

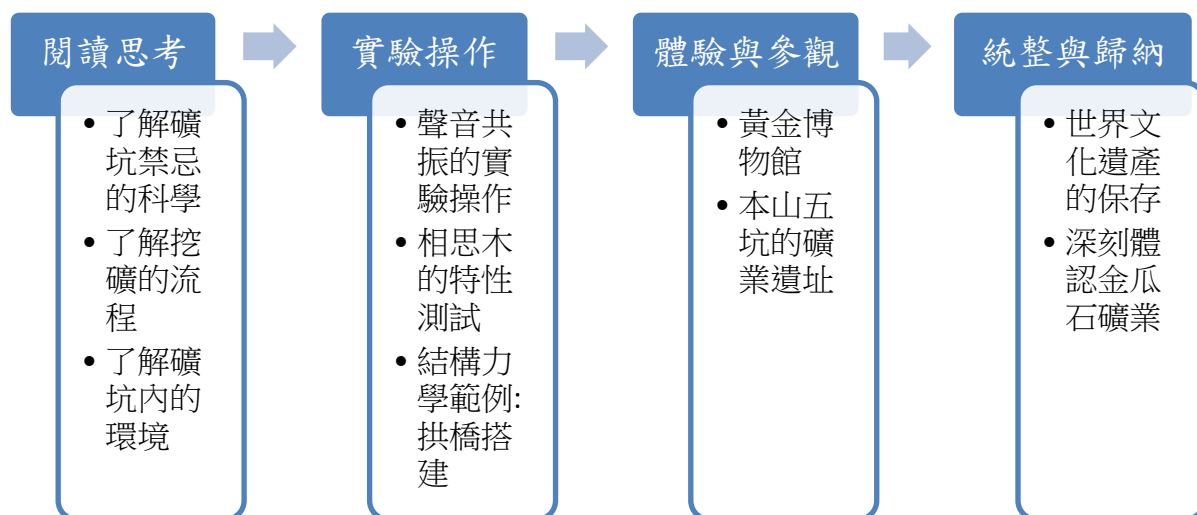
http://twh.boch.gov.tw/taiwan/intro.aspx?id=6&lang=zh_tw#ad-image-0)

學習目標

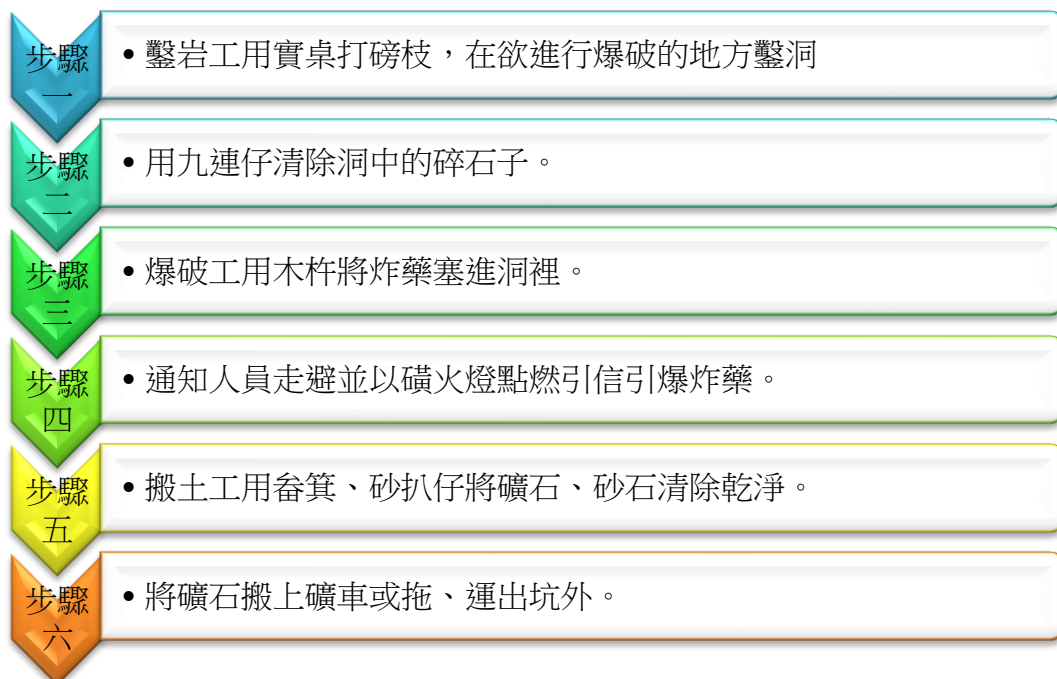
<p>大概念（Big Ideas）</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 礦坑內的聲音共振 2. 挖礦的歷程之科學原理應用。 3. 礦坑內實際走訪的體驗。 	<p>關鍵問題（Essential Questions）</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 為什麼在礦坑內，不能大聲喧嘩？ 2. 什麼是聲音共振？ 3. 聲音共振與日常生活有何關聯？ 4. 挖礦的歷程有哪些？應用了科學原理？ 5. 架牛條為何要使用相思木？ 6. 礦坑的環境狀況是什麼？ 7. 礦坑內的運用科學有什麼？
<p>學生能知道的知識（Knowledge）</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 能知道聲音共振的原理。 2. 能知道挖礦坑的歷程，與架牛條所使用的相思木。 3. 能知道木材搭建的結構力學。 4. 能知道礦坑內的所運用的科學。 5. 能了解礦坑的環境狀況。 	<p>學生能做到的技能（Skills）</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 應用聲音共振的方式，並能操作養樂多大聲公。 2. 應用相思木的特性，進而瞭解架牛條的重要地位。 3. 應用木材搭建的結構力學於拱橋

教材組織分析

一、教材架構:



二、挖礦的過程:



學習表現的評量

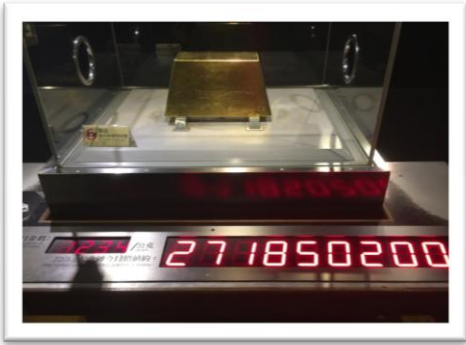
學生學習表現的評量方法

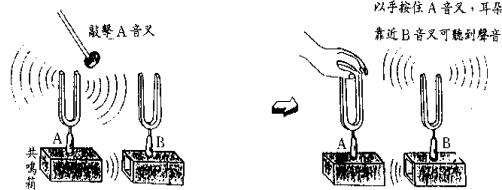
- (1) 口頭分享:能回答教師的提問，且能主動參與發表。
- (2) 討論與分享:能分享個人想法並能提出個人見解。
- (3) 學習態度:能專心聆聽他人想法且積極參與課堂活動，並能適當尊重的方式回饋同學與教師。
- (4) 實作:能執行實際操作的表現行為。
- (5) 其他:多元智能，例如自然觀察、語文、邏輯、肢體操作、空間、人際智能、內省。

本單元學習活動設計的重點

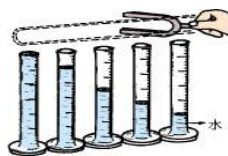
單元	單元名稱	學習重點	學習活動說明
一	進礦坑，不要大聲喧嘩！	(1)能了解在礦坑內大聲喧嘩的危險性。 (2)能了解和應用聲音共振的原理	利用聲音共振原理來製作養樂多大聲公
二	挖礦坑囉！	(1)能了解開挖礦坑的流程。 (2)能了解和應用相思木的特性。 (3)結構力學應用:達文西拱橋搭建。	了解挖礦歷程與相思木的特性測試、和木材搭建。
三	礦坑實際探訪	(1)能了解礦坑內的環境 (2)能了解運輸工具の種類與方式。 (3)能體驗當時礦工在礦坑內的作息與感受。	建議進入本山五坑內，認識與體驗礦坑環境。

本單元學習活動的設計
進礦坑，不要大聲喧嘩！

活動名稱	內容	時間(分)	學習指導 注意事項
導 入	<p>1. 教師介紹金瓜石的黃金博物館地理位置和背景。</p> <p>2. 新聞： 日本<u>土肥</u>的黃金博物館與<u>金瓜石</u>的黃金博物館的黃金磚競賽。</p> 	5	以學生為主體介紹金瓜石背景，並引導學生了解與思考。
開 展	<p>1. 進入礦坑:介紹礦坑中的禁忌</p> <p>(1) 禁止女性入坑 早期坑內亦有女性擔任扒土工作，後因礦場法中明文禁止女性入坑，且為避免搜身不便，台灣金屬礦業公司遂於民國五十年代禁止女性入坑工作。</p> <p>(2) 坑內不談「蛇」 蛇是虎頭蛇尾的預兆，傳說會導致挖不到金礦。</p> <p>(3) 禁吹口哨 主要避免雜音干擾談話，亦為台灣民俗禁忌。</p> <p>2. 聲音共振的原理</p> <p>(1) 介紹聲音共振的原理 每個物體都有它特殊的振動頻率，當一個物體振動發出聲音，若在它附近有相同振動頻率的物體，也會跟著一起振動而發出聲音，這種現象稱為共鳴(共振)</p>	10	引導學生思考礦坑禁忌的原因，與是否符合科學與實際情況。



(2) 簡易實驗講解:空氣柱與音叉的共振
數支量筒分別盛入不等量的水,使筒內的空氣柱長度不相等,則如果振動中的音叉在某支量筒上方聲音最大,則我們可以說該量筒內的空氣柱與音叉產生了共鳴現象



(3) 生活中的例子:吉他共鳴箱

3. 影片:鐘擺共振

<https://www.youtube.com/watch?v=WeFhr01mPTM>

挑戰

1. 實作:養樂多大聲公

(1) 材料:

養樂多罐一個、粗吸管一根、氣球一個

(2) 步驟:

<i> 在罐底中心鑽出一個粗吸管大小的口,罐身側腹部鑽一個細吸管大小的孔。

<ii> 將粗吸管塞入多多罐底部的洞中,吸管必須卡緊在洞口上,如果有空隙可用膠布黏起

<iii> 在罐口套上氣球膜並用橡皮筋固定,使粗吸管抵住氣球膜,嘴對著多多罐側面的小孔用力吹氣,聽聽看是否能發出聲音。如果沒有,調整粗吸管與氣球膜接觸部位,直到可以發出聲音。

2. 【任務】

(1) 用力吹與輕輕吹,聲音的大小有什麼不同?

(2) 調整氣球膜緊繃程度與粗吸管抵住的深淺,吹吹看並聽一聽聲音有什麼不同?

(3) 用剪刀將粗吸管慢慢剪短,比較看看吸管

20

讓學生藉由實作大聲公來了解聲音的共振,教師並提出任務,讓學生嘗試完成。

	的長短對音調的影響。		
總結	<ol style="list-style-type: none"> 1. 請學生說明共振原理，應用在大聲公 2. 請學生思考聲音的共振在日常生活中的例子。 3. 欣賞影片：<u>塔科馬海峽吊橋崩塌事件</u> https://www.youtube.com/watch?v=_q7ojtFWDBU 4. 引導學生思考<u>塔科馬海峽吊橋崩塌事件</u>可能發生的原因。 	10	與學生共同整理共振原理的概念，以及應用在生活中的例子。

本單元學習活動的設計


挖礦坑囉!

活動名稱	內容	時間(分)	學習指導 注意事項
導入	<ol style="list-style-type: none"> 1. 教師提問:請學生想像礦工在礦坑內的生活和如何去挖礦並且試著回答。 2. 教師將挖礦流程圖製作成六份,每份的卡牌有六張,並發給每組一份,並請各組學生排列挖礦順序,並上台發表。 3. 教師說明與解釋礦工的挖礦流程: <ol style="list-style-type: none"> (1) 鑿岩工用實桌打磅枝,在欲進爆破的地方打洞。(磅枝:磅,就是「炸」之意。磅枝,是一種中間有 U 型凹槽,用來打入岩石鑽洞,以便裝置炸藥。實桌:鎚子,用來敲磅枝之用) (2) 用九連仔清除洞中的碎石子。(九連仔:形狀似「9」字,用來清除洞中的小石頭。) (3) 爆破工用木杵將炸藥塞進洞裡。 (4) 通知人員走避並以礮火燈點燃引信引爆炸藥。 (5) 搬土工用畚箕、砂扒仔將礦石、砂石清除乾淨。(砂扒仔,當炸藥引爆後,用來挖扒石子。) (6) 將礦石搬上礦車或拖、運出坑外。 	13	<p>本活動前已將學生異質性分組,將全班分為 6 組,每組四人。</p> <p>教師利用預測策略,引導學生討論並且回答礦工生活與挖礦流程以練習表達。再請學生試著利用排列挖礦流程卡牌,可以加深對挖礦流程的印象。</p>
開展	<ol style="list-style-type: none"> 1. 教師拿出事先準備的相思木,提問學生架牛條使用的相思木特性是什麼? <ol style="list-style-type: none"> (1) 質地堅硬且緻密 (2) 相思木在礦坑倒塌時會發出即將斷裂的聲音,有如牛在低鳴,提醒礦工在所剩不多的時間內快速離開 2. 相思木的介紹 <ol style="list-style-type: none"> (1) 相思木是台灣造林的樹種之一。 (2) 相思樹花是澳洲的國花。 (3) 相思木的應用。 	7	<p>學生藉由實際觸摸與觀察相思木,可以更清楚了解相思木當作礦坑支撐木的優點。</p>

<p>挑戰</p>	<p>1. 實驗: 藉由折斷相思木實驗，與其他木材的比較</p> <p>2. 實作: 達文西拱橋製作與測試負重。</p> 	<p>20</p>	<p>將相思木的折斷來比較其他木材，使學生更清楚知道相思木的優點。讓學生搭建達文西拱橋，了解木材的結構力學工法，可以支撐外力。</p>
<p>總結</p>	<p>1. 請學生將挖礦的流程，述說一次。</p>  <p>2. 請學生說明相思木的特點。 質地堅硬且緻密</p>	<p>5</p>	

本單元學習活動的設計

礦坑實境探訪

活動名稱	內容	時間(分)	學習指導 注意事項
導入	<p>1. 教師複習並提問:</p> <p>(1) 在單元一「進入礦坑，不要大聲喧嘩!」，你學到有關聲音的共振中，你印象最深刻的是什麼?</p> <p>(2) 在單元二「進礦坑了!」中，挖礦的流程是什麼呢?相思木的特性又是什麼?</p>	5	讓學生回想上兩節課的重點，當作此次進入本山五坑的先備知識，更可讓學生對礦坑有熟悉感。
開展	<p>1. 參觀礦坑的配電設備 教師說明: 在入坑準備室前段是舊台金時期的配電室，裡面有配電箱，將水湳洞變電所傳送過來的 3300 伏特的電力分配到四坑、五坑、日式住宅區、祈堂街等處。</p>  <p>2. 礦坑的運輸方式與交通工具 教師說明: 本礦各大巷礦石、廢石、材料之運輸，皆由電車或柴油車拖曳出坑，各位所看到的這三台舊電車頭，是當時採礦時實際使用的鑛車車頭。在各位的左側是直流電車頭，是台金公司時期購置四噸重的電車頭，約可拖曳十三輛各載重一噸的鑛車。在各位的右側前方是蓄電池電車頭，約為日治時期使用，重約一噸半，由於體積小，日治時期暱稱為”豆電車”(小電車之意)，需要五十伏特的電池二十五顆，多用於搬運材料。而在各位的右側後方是柴油電車頭，約為日治時期在本山七坑使用。因為柴油車會排放廢氣污染坑道內的空氣，一般較少採用，因為七坑坑道較寬敞，故一天來回一次或兩次用於搬運材料。</p>	30	<p>(1) 藉由說明與提問的方式進行學生搶答得分，讓學生在與老師的互動下，了解礦坑的許多意義。</p> <p>(2) 藉由實際走訪礦坑，可增加學生對礦坑文化的認同感與體驗感。</p>

3. 宣讀安全宣言

教師請學生大聲唸安全宣言：

- (1) 頭到 全程頭戴安全帽
- (2) 口到 輕聲細語，語音導覽聽的到
- (3) 手到 坑道內展示品，雙手不碰到
- (4) 腳到 地上溼滑，小心走入坑道
- (5) 心到 心血管疾病患者，審慎考慮進入坑道

4. 參觀牌仔間

教師提問：牌仔間的功用是什麼？

(礦工在入坑前，必須先到牌仔間，就是我們現在看到的坑口的建築，礦工將個人工作證換取



入坑派工卡，入坑後由監領工在派工卡上記錄出缺勸和確認人員出入安全，工作結束出坑後再換領回個人工作證。我們現在要進坑道了，請各位把安全帽戴好，請注意安全，並依次進入坑道。)

5. 本山五坑的坑口處

教師提問：當時礦坑的禁忌有哪些？

(如**禁止吹口哨**，怕迴音干擾談話，而禁吹口哨也是台灣民俗禁忌之事。還有**禁止女性入坑工作**，早期坑內亦有女性擔任扒土工作，後因勞工法明文禁止女性入坑工作，且為避免搜身不易，台金公司於民國五十年代便禁止女性入坑工作。另外還有**坑內不談蛇的忌諱**，因有虎頭蛇尾之說，怕說了會犯忌諱而挖不到金礦。)

6. 進入本山五坑

- (1) 教師提問：礦坑的牛仔條是用哪種樹木製作？(牛條仔多是用相思木製作，因相思木質地堅韌，



適合作為坑道支架用途。)

(2)教師提問:請同學觀察此處展示的是金脈有什麼特別之處

呢?(在礦脈地區有時候可以直接就看到黃金,但時金瓜石的黃金通常很細,眼睛



不容易看到,幸好礦脈的附近常含有黃鐵礦等礦務,礦脈也容易有地下水通過,使這些礦物風化造成石頭看起來黃黃或紅紅的。)

(3)教師提問:礦坑內的礦工的工作時間只有幾個小時,請問,挖礦

的休息時間時,礦工會做什麼呢?(休息時,礦工會坐在地上抽煙、吃



午飯、聊天,但是坑內禁止飲酒。至於飲水部份,因為坑中水質含銅量太高,所以不可飲用,必須自備飲用水。)

7. 礦坑出口處

教師提問:礦工出礦坑會進行搜身嗎?

(一般而言,礦工出坑時並不會搜身,但是若發現富礦,則礦工



出坑時必須要搜身,避免夾帶富礦礦石出坑。金瓜石有許多金礦體都是以富礦體產出,也就是所謂的金包。它的體積很小,一般只有幾公尺直徑,十餘公尺至數十公尺長,但是其單位含金量卻相當高,甚至能在一碗礦沙中洗出近半碗的黃金,一個金包通常便可生產一噸或更多的金子。但是這種金包非常不容易探勘,以前找到的金包大都是挖礦時不小心碰到的。過去礦工在挖礦時若是發現富礦,必須要立刻報告監工並封鎖現場,但是實際上並非如

	此，這也是一般金礦的實際產金量比官方記錄的數字還要高的原因。)		
挑戰	1. 如何進行地形優勢將安全帽的回收入口呢? (安全帽有專用的回收溜滑梯，因為出口處位於高處，只要將回收後的安全帽，放入溜滑梯中，就到低處的入口處，可省去許多人力和時間)。	5	利用功能原理，讓安全帽可以省時省力的傳送到入口，是黃金博物館館方的巧思。藉由提問，讓學生體會這樣的生活應用智慧。
總結	1. 請學生分享親身體驗過礦坑之旅後，與原本的想法有何不同? 2. 請學生發表保護文化遺產的重要性。 3. 獎勵此次表現優異的同學們。	5	

建議融入之課程領域與單元

國中自然八上 單元:聲音
 國中自然九上 單元:功與能
 國中自然九上 單元:岩石與礦物

參考文獻與資料

- 文化資產局
http://twh.boch.gov.tw/taiwan/intro.aspx?id=6&lang=zh_tw#ad-image-
- 引言
 - 金瓜石 黃金博物館 <http://www.gcp.ntpc.gov.tw/>
 - 日本 土肥 黃金博物館 <http://www.toikinzan.com/view/#ougon>
 - 大紀元 黃金博物館金磚 世界最重
<http://www.epochtimes.com/b5/4/10/29/n702850.htm>
 - 大紀元 看世界最大金磚 憑指力拿小金磚
<http://www.epochtimes.com/b5/4/10/28/n702154.htm>
 - 【蘋果日報】 日本伊豆 土肥探金山寶
 : <http://www.appledaily.com.tw/appledaily/article/supplement/20120522/34244473>
- 聲音共振

- Tacoma Narrows Bridge (1940)
[https://en.wikipedia.org/wiki/Tacoma_Narrows_Bridge_\(1940\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Tacoma_Narrows_Bridge_(1940))
- 師大物理系
<http://www.phy.ntnu.edu.tw/demolab/html.php?html=modules/sound/section3>
- 南一 http://www.nani.com.tw/nani/jlearn/natu/ability/a1/3_a1_3_1.htm

■ 開挖礦坑

- 採礦流程 金瓜石 黃金博物館
<http://www.gep.ntpc.gov.tw/xmdoc/cont?xsmsid=0G246376599518522449>
- 採礦 <http://library.taiwanschoolnet.org/c00/26220072/gold/procss1.htm>

■ 相思木

- 材華 <http://www.woodrich.com.tw/>
- 木材等級的區分
<http://eportfolio.lib.ksu.edu.tw/~4990Y052/wiki/index.php/%E6%9C%A8%E6%9D%90%E7%AD%89%E7%B4%9A%E7%9A%84%E5%8D%80%E5%88%86>
- 木材 維基百科
<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%9C%A8%E6%9D%90>
- 相思樹 維基百科
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%9B%B8%E6%80%9D%E6%A8%B9>
- 澳洲國徽 維基百科
<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%BE%B3%E5%A4%A7%E5%88%A9%E4%BA%9A%E5%9B%BD%E5%BE%BD>
- 金合歡 維基百科
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%87%91%E5%90%88%E6%AC%A2>
- 金合歡 澳洲百年象徵 大紀元
<http://www.epochtimes.com/b5/10/9/1/n3012437.htm>
- 相思木 百度百棵
<http://baike.baidu.com/item/%E7%9B%B8%E6%80%9D%E6%9C%A8>
- 中華木質構造建築協會 <http://www.cwcba-wqac.org.tw/cwcba3.asp>

■ 金屬礦運輸

- 運礦 <http://library.taiwanschoolnet.org/c00/26220072/gold/procss2.htm>

■ 達文西拱橋

- Zfang 的科學小玩意 <http://n.sfs.tw/content/index/11546>

■ 進入本山五坑

- 《金仔山的黃金歲月 金瓜石》 蕭錦章、施政廷合註
- 黃金博物館提供《黃金博物館礦坑運輸資料》

附錄一：

挖礦流程排排看

第____組 組員：_____

<p>步驟一： 鑿岩工用實桌打磅枝，在欲進爆破的地方打洞。</p>	<p>步驟四 通知人員走避並以礮火燈點燃引信引爆炸藥。</p>
<p>步驟二： 用九連仔清除洞中的碎石子。</p>	<p>步驟五 搬土工用畚箕、砂扒仔將礦石、砂石清除乾淨。</p>
<p>步驟三： 爆破工用木杵將炸藥塞進洞裡。</p>	<p>步驟六 將礦石搬上礦車或拖、運出坑</p>

附件三
挖礦流程圖

