

中華民國第四十七屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 物理科

040110

彈性物質的熱能與力學能守恆

學校名稱：國立嘉義女子高級中學

作者：	指導老師：
高二 林蕙茹	莊立山
高二 林彥貝	莊立帆
高二 林千雯	

關鍵詞：力學能守恆 彈力位能 熱能

一、研究題目：彈性物質的熱能與力學能守恆

二、摘要：

將氣球拉長時，其溫度會上升，放鬆時溫度會下降至比原溫度還低。我們猜測拉長時溫度會升高，是因為力學能轉變成熱能，而放鬆時溫度會下降，是因為熱能轉變成力學能。後者是比較少見的現象，所以吸引我們的注意。在研究過程中發現記憶金屬所製之眼鏡腳，也有相同的性質——將它彎曲後溫度會升高，而放鬆時溫度也會下降，於是決定亦仔細觀察此現象。

研究發現：

- 一：氣球伸長至固定長度，停留不同的時間後放鬆，停留越久，會下降至越低的溫度。
- 二：氣球負載重物加熱後，會使平衡點上升。
- 三：將氣球拉長固定長度後，加熱後再釋放，彈回去的振幅較大。
- 四：氣球拉到定長後，加熱可使其張力增大。
- 五：將眼鏡腳彎曲後加熱，加熱可使其應力增大。

三、研究動機：

一般人會有吹氣球的經驗，有一種細長的氣球比較難吹，所以有經驗的人會嘗試將它拉長幾下再開始吹。將它拉長時，氣球本身的溫度會上升，放鬆時溫度竟然會下降至比原來溫度還低。小朋友在射橡皮筋時也會有把它拉長的動作，此時會發現它有與氣球相似的變化。像此類具有彈性的橡膠製品，是否有其特殊性質導致了這樣不尋常的情況？猜測拉長時溫度會升高，是因為力學能轉變成熱能，而放鬆時溫度會下降，是因為熱能轉變成力學能。熱能轉變成力學能是比較少見的現象，所以此現象吸引了我們的注意，決定對這件事做進一步的探討。在討論過程中，有人提到以記憶金屬製造之眼鏡腳與氣球有相同的性質——將它彎曲後溫度會明顯的升高，而放鬆回去時溫度也會非常明顯的下降，於是也決定探討記憶金屬發生此現象的原因，是否與氣球之同樣性質的成因相同。

四、研究目的：

- 1、提出熱能轉換回力學能的證明
- 2、探討熱能在氣球懸掛重物振盪的系統中所扮演的角色
- 3、探討金屬和氣球有類似的現象之成因，是否相同

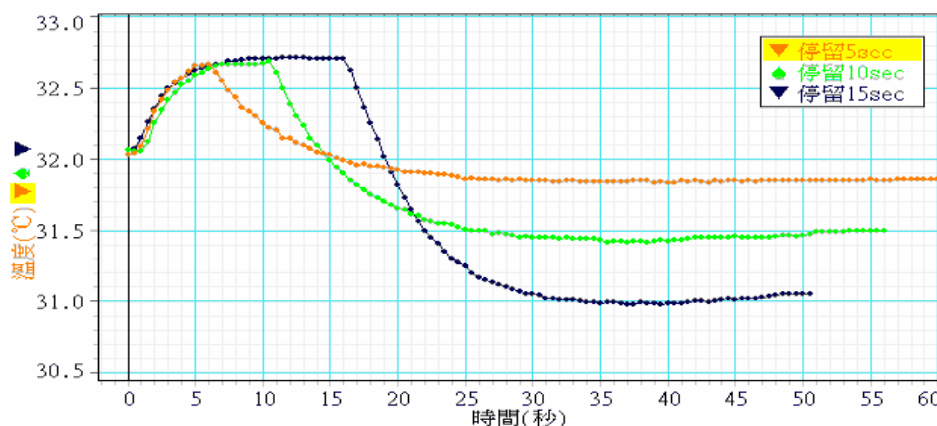
五、研究方法：

實驗一：比較氣球伸長至固定長度，停留不同的時間後放鬆回來，所下降的溫度差之變化：

將氣球迅速拉到 150 公分處，靜置不同的時間再放鬆回原長，以溫度感應器紀錄其溫度變化並做比較。

實驗結果：

【溫度-時間圖】



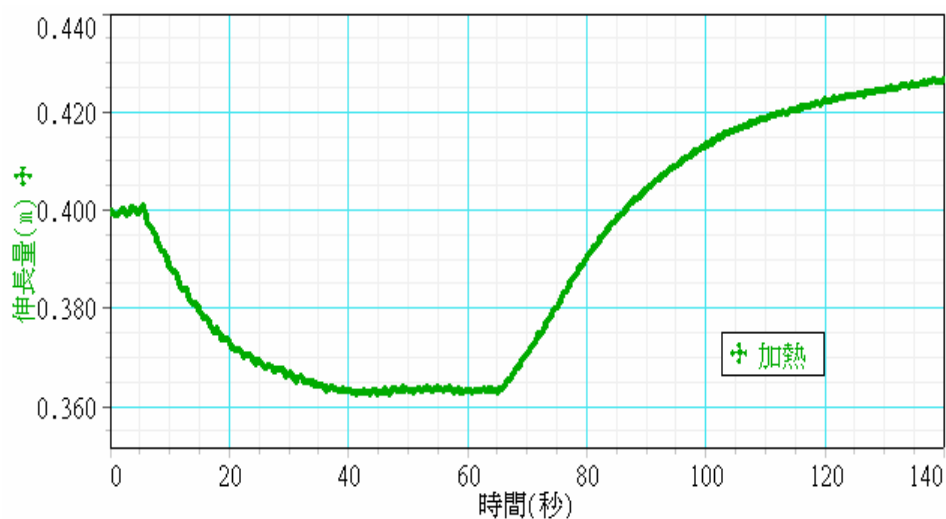
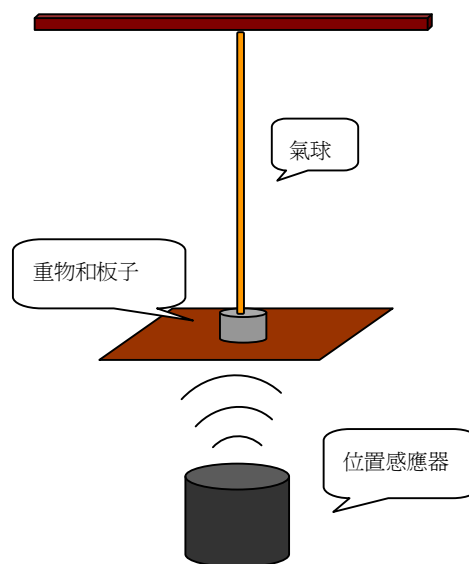
- 1、停止 5 秒 放回原長降了約 0.9 度、比原溫低了 0.3 度
- 2、停止 10 秒 放回原長降了約 1.3 度、比原溫低了 0.7 度
- 3、停止 15 秒 放回原長降了約 1.7 度、比原溫低了 1.1 度

討論：

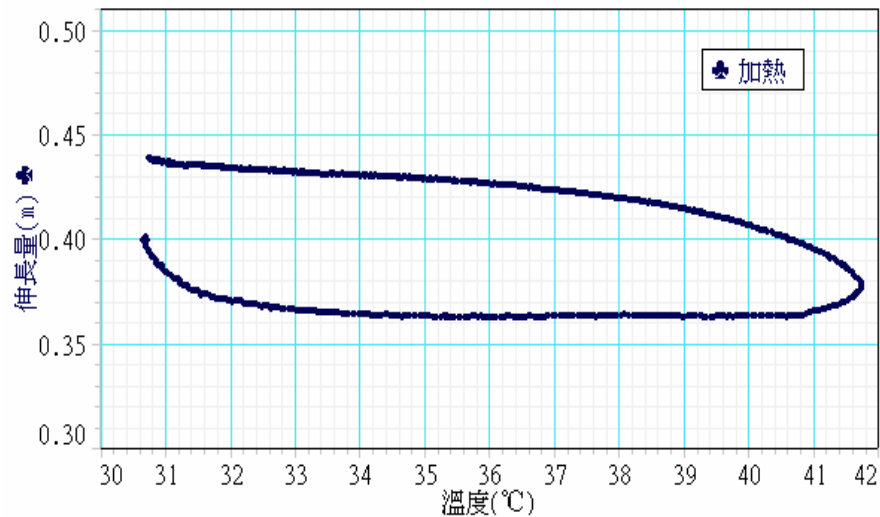
觀察以上圖表，氣球拉長後停置越長時間者，收縮回原長時，溫度下降越明顯，根據我們的假設，可能是因為放置較久時間的氣球，產生的熱能散失在空氣中較多，導致氣球收縮回來後，溫度會比「拉長後馬上回來的情況」還要降的更低，溫度下降幅度較大。

實驗二：氣球負載重物加熱後，觀察其伸長量變化：

在氣球下方掛上一重物後使它伸長 40 公分，再以 1500 瓦的鹵素燈加熱氣球，並在重物下方放置位置感應器紀錄氣球的伸長量變化。



【氣球伸長量-時間圖】 氣球在第 5 秒加熱至第 65 秒的伸長量變化



【伸長量-溫度圖】

下方的曲線表示隨我們對氣球的加熱，氣球的伸長量縮短的情形；上方的曲線，是停止加熱之後，隨溫度下降而伸長量增加。

實驗結果：

加熱器由第五秒開始加熱，重物的高度在 60 秒的加熱過程中上升了 4 公分，此時氣球溫度為 40.2 度。

討論：

我們認為氣球能在不受其他外力影響下，藉由加熱將周遭溫度提高就能收縮上升，是因為周圍的熱能被氣球轉換成本身的力學能，做功使被懸掛的重物提起。

(註：至於為何最後伸長量在溫度回到室溫後，與原伸長量有所差距，是目前我們尚未能提出合理解釋的。)

實驗三：觀察加熱對於氣球振盪振幅的影響：

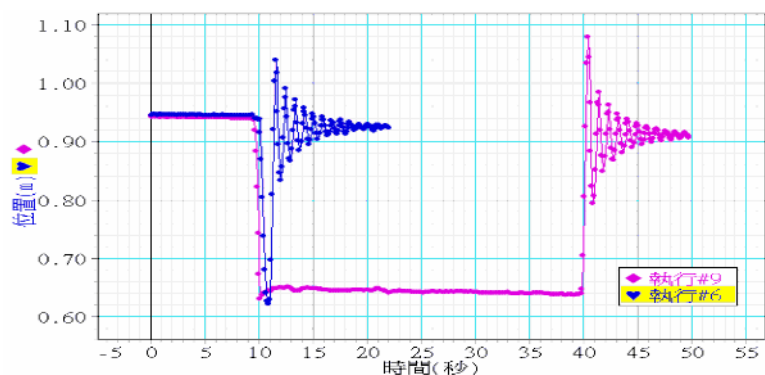
將氣球掛上重物，將它拉長一個固定長度後分成「直接釋放」、「靜置 30 秒再釋放」和「加熱 30 秒再釋放」，並在重物下方放置位置感應器，（如實驗二之裝置），在過程中紀錄氣球末端的位置改變。
（位置感應器在氣球下方 95cm 處）

實驗結果：

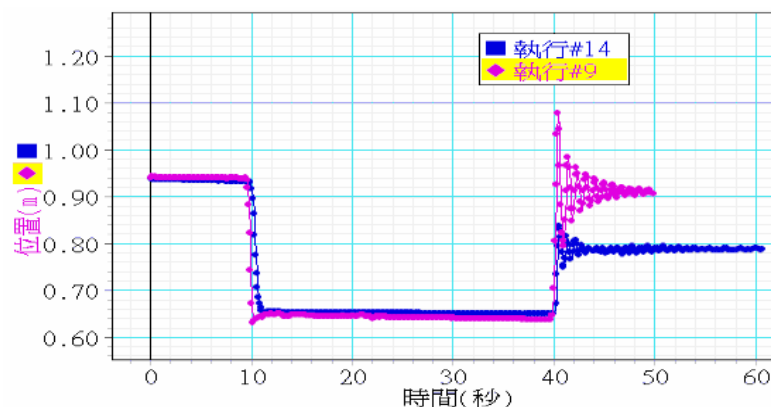
情況 1 時的波峰與波谷長最大者約為：41 cm

情況 2 時的波峰與波谷長最大者約為：13 cm

情況 3 時的波峰與波谷長最大者約為：45 cm



【位置-時間圖】藍色：立刻釋放 桃紅色：加熱 30 秒再釋放



【位置-時間圖】藍色：靜置 30 秒釋放 桃紅色：加熱 30 秒再釋放

討論：

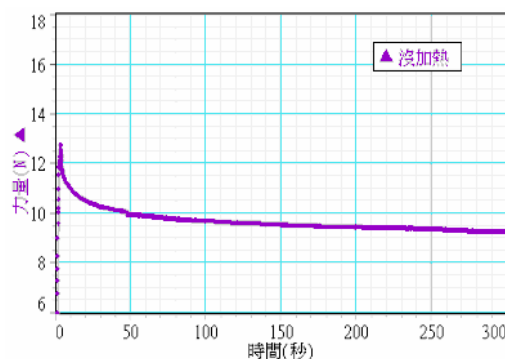
我們比較情況 1（立刻釋放）和情況 3（加熱 30 秒再釋放），可知將氣球拉長至同一長度時，有加熱的氣球釋放回去時的振幅比沒加熱時的振幅還要大，表示我們幫氣球補充的熱能，能夠在氣球把重物拉回的過程中被利用，成為氣球彈回去時所需要的力學能。我們在情況 1（立刻釋放）的曲線中，以切線找到氣球第一次彈回的最大速度為 1.1180m/s ，而情況 3（加熱 30 秒再釋放）之中則為 1.1409m/s ，計算其動能後者約為前者的 1.0414 倍，系統所擁有的能量的差別，應為此時唯一改變的變因——熱能所造成的了。

我們覺得氣球被拉開 30 秒來補充熱能，若能與氣球被拉開 30 秒來散失熱能比較，就能更明確的顯示熱能在整個震盪的系統中的重要性，所以有情況 2（靜置 30 秒再釋放）的實驗進行。情況 2（靜置 30 秒再釋放）的氣球震盪，同我們所預期是小很多的，上升的距離與情況 3（加熱 30 秒再釋放）相差到 32 cm 之多，我們以同樣的方法取得氣球第一次彈回

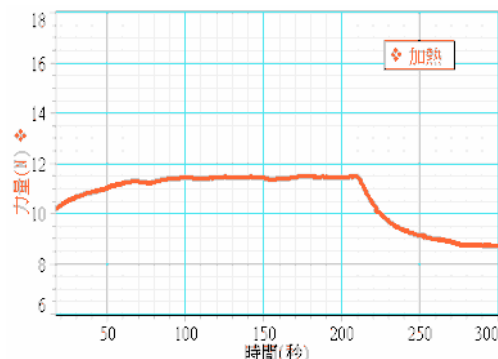
的最大速度為 0.6116 m/s ，情況 3 的動能約為情況 2 的 3.480 倍，由此可知，對氣球而言，熱能參與在力學能轉換之中，並具關鍵性的影響。

實驗四：氣球拉到定長後，加熱觀察其拉力的變化：

將一氣球一端裝上力量感應器並拉長到一固定長度後，加熱觀察其張力變化，並同時測量溫度。



【力量—時間圖】未加熱



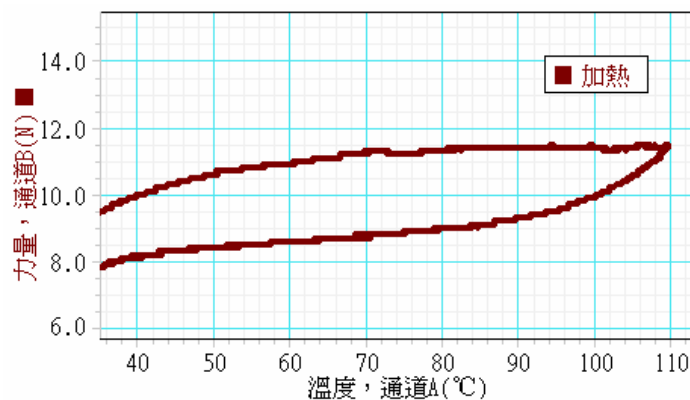
【力量—時間圖】加熱

實驗結果：

未加熱拉到 50 公分處固定不動的氣球，其張力會在 300 秒內減少 4 牛頓，而加熱的氣球會在 210 秒內增加 1.5 牛頓。

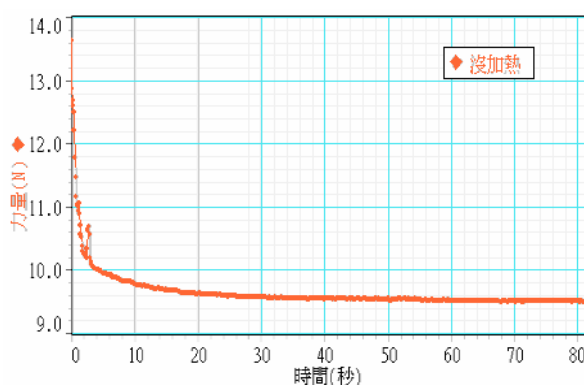
討論：

未加熱的力圖中，氣球的溫度從拉開那一瞬間升高所達到的溫度開始下降，在漸漸與外界達成熱平衡的過程中，氣球產生的熱能散失於空氣之中，系統的能量散失，使固定在一處的氣球之恢復力漸減。加熱氣球的力圖顯示，加熱讓氣球溫度升高，力道不但不減少反而有明顯增加，應是熱能轉換成氣球所貯存的彈力位能，系統在加入熱能後，補足了氣球原先所散失的熱能，使其張力增大。

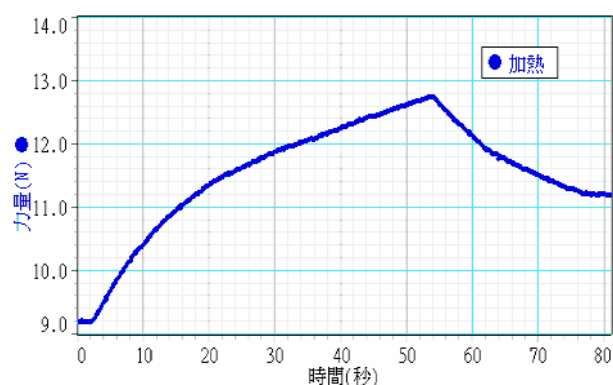


加熱的【溫度—力量圖】

實驗五：將記憶金屬為材料的眼鏡腳固定其一端，力量感應器裝上另一端，彎曲眼鏡腳並固定，再加熱觀察其應力變化。

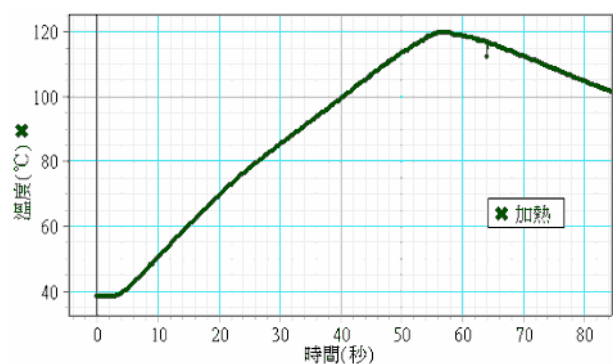


【力量—時間圖】未加熱



【力量—時間圖】加熱

溫度由第 5 秒加熱時開始上升，至第 54 秒到達 120 度。



加熱之【溫度—時間圖】

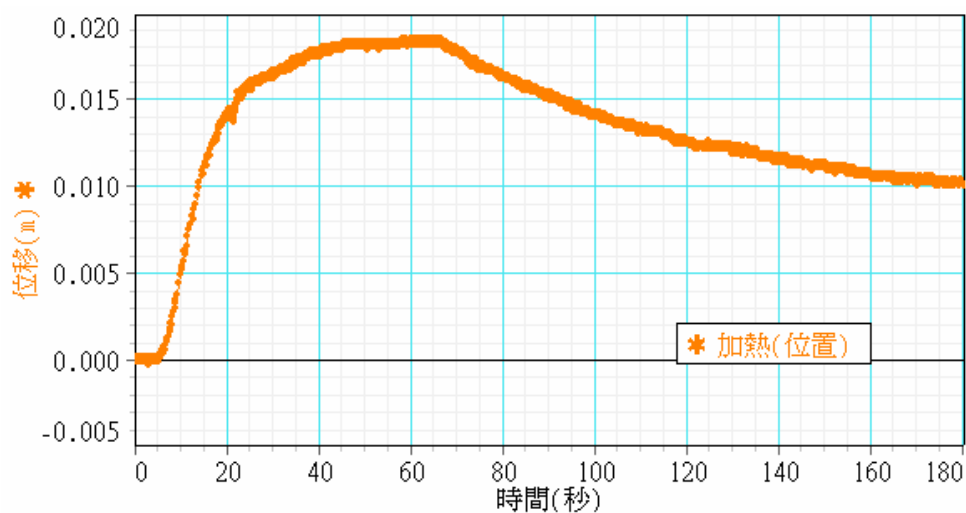
實驗結果：

彎曲而未加熱的眼鏡腳，其應力會隨時間緩慢減少；而用加熱器從第 2 秒開始加熱的眼鏡腳，應力會在第 54 秒增加 3.6 牛頓。

討論：

由記憶金屬為材質的眼鏡腳，在彎曲後無加熱的情況下應力也會慢慢下降，而加熱時應力增加的速率較大，應是熱能轉換成眼鏡腳的彈力位能，系統在加入熱能後，增加了眼鏡腳的內能，使其應力增大。

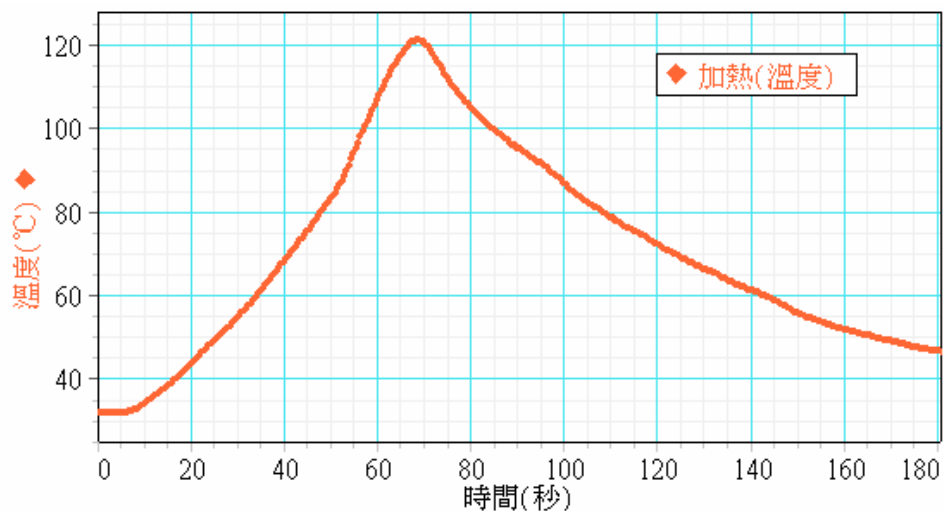
實驗五：將記憶金屬為材料的眼鏡腳固定其一端，重物掛上另一端，使眼鏡腳因重物的重量彎曲約 90 度，加熱眼鏡腳並在重物下方放置位置感應器紀錄重物的位移，也就是記憶金屬的彎曲程度的變化。



【位移-時間圖】

實驗結果：

加熱器由第五秒開始加熱，重物的高度在 60 秒的加熱過程中上升了 1.8 公分，此時眼鏡腳溫度到達 120 度。



【溫度-時間圖】

討論：

我們認為眼鏡腳能在不受其他外力影響下，藉由加熱將周遭溫度提高就能減少彎曲的程度，是因為周圍的熱能轉換成眼鏡腳的力學能，作功使被懸掛的重物提起。

六、結論、

實驗一中氣球拉長後停置越長時間者，收縮回原長時，溫度會下降至室溫之下越多，這是因為放置較久時間氣球產生的熱能，有越多散失在空氣中，所以當收縮時熱能再轉回力學能，使得總熱能較初始值更低。

實驗二我們認為氣球能在不受其他外力影響下，藉由加熱將周遭溫度提高就夠輕易收縮上升，是因為周圍的熱能轉換成氣球的力學能，作功使被懸掛的重物提起。

實驗三中負載重物的伸長氣球加熱後的變化，可知將重物拉長至同一位置時，有加熱者比室溫下的氣球還能跳到更高的高度，表示我們幫氣球補充的熱能能夠在氣球把重物拉回的過程中被利用為彈回去的力學能，因此它可以跳到更高。

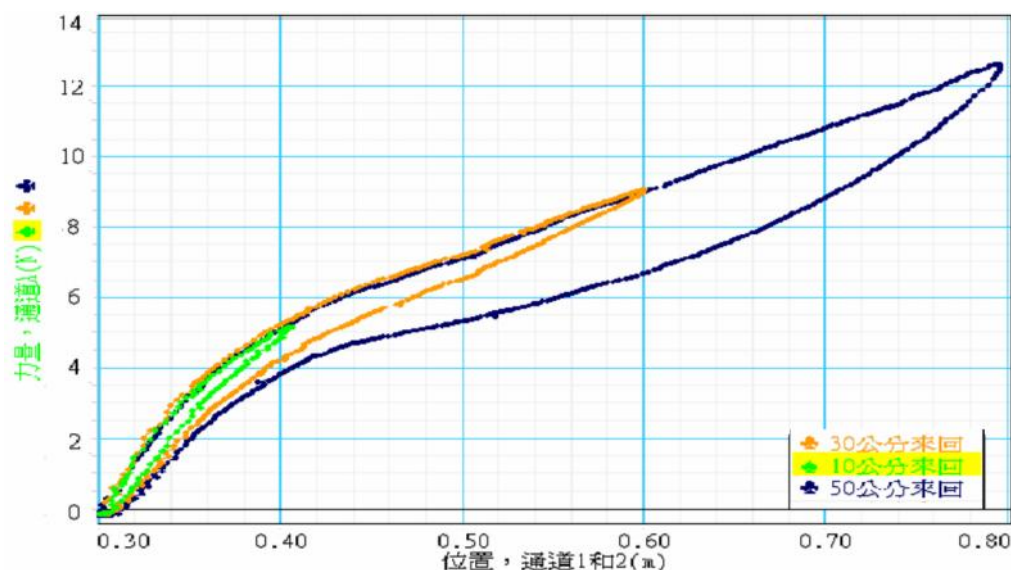
實驗四中氣球由拉開時升高後的高溫下降，漸漸與外界達成熱平衡，氣球產生的熱能散失於空氣之中，系統的能量散失使固定長度的氣球之恢復力漸減。若加熱使氣球升溫，力道不但不減少反而有明顯增加，應是熱能轉換成氣球所貯存的彈力位能，系統在加入熱能後，補足了氣球原先所散失的熱能，使它的力道變大。

實驗五中為了確定記憶金屬所製成之眼鏡腳與氣球相似的性質，以和實驗四類似的方法測量眼鏡腳，發現眼鏡腳也可藉加熱使其應力增加。

實驗六中確定記憶金屬所製成之眼鏡腳能與氣球一樣，能將無序的熱能，轉換為作功所需要的能量使重物上升。

總結以上實驗，可證明我們最初的假設——氣球在振盪以及拉長、收縮的過程中，系統內的熱能有參與其力學能的轉變；不僅僅只有力學能變成熱能，但同時熱能也可轉變力學能。

七、附錄：



氣球之【F-X 圖】

同一顏色為氣球，拉長到一個長度再放鬆回原長的「去一回曲線」，拉長、回來皆保持速度一定（1 秒 5 公分），此圖形與磁滯曲線類似。同一顏色上方之曲線為拉長，下方之線則為放鬆回來，兩條沒有在同一線上，所以中間圍成的空間面積為散失的熱能。

八、參考資料

物質科學物理篇 南一出版社 第七章 位能和能量守恆定律

九、後續問題與計畫

1. 溫度計的改進

我們所使用的溫度計並不夠靈敏到能夠及時而準確的測量溫度，它在感受到溫度升高的 2、3 秒內漸漸升到一個較高的值，但這顯然不是我們所想知道的那個數值，因為在我們整個實驗中溫度會在極短的時間之內變化，而且加熱這件事情本身也很容易對溫度計造成影響，我們想要的是氣球表面的溫度，但加熱時測出來的溫度很可能是溫度計本身被加熱的溫度。

若能有種溫度計是能夠及時而準確的測量溫度，並且能針對我們想測量之物體作大面積的溫度測量，就能夠看出加熱對物體溫度的明確影響。

2. 尚待解釋的現象

- 一、在巨觀上以觀測到許多明顯的現象，但微觀的分子模型仍未確定，我們希望可以研究出：在氣球放鬆回來後分子動能為何會減少。
- 二、在實驗二的「位置—時間圖表」中，在加熱結束後約在第 85 秒開始，它的位置降得比原長更低，我們對此還未有合理的解釋。

【評 語】 040110 彈性物質的熱能與力學能守恆

1. 十三個實驗數據圖，全部以時間為橫軸；且氣球的溫度測量方法有待改進。
2. 未明確解釋為何有 hysteresis 現象。