

上圖顯示弦線上一橫行波 (transverse travelling wave) 由左傳向右。

- (a) 除動能外，橫行波的傳播涉及那一種勢能 (potential energy) ?
- (b) 在這瞬間，弦線那部份 (A-E) 有
- (i) 最大的動能 (kinetic energy)
  - (ii) 最大 (a) 提及的勢能?

當粒子經過平衡位置 (equilibrium point) 時，動能 KE 最大。

(b) (i) 答案是 c。

橫行波上處於波峰和波谷的粒子皆瞬時靜止 (A 和 E)，所以動能是零。粒子在經過平衡位置，速率最大，動能最大。

(a) 弦線上橫行波的傳播涉及那一種勢能 (PE) ?

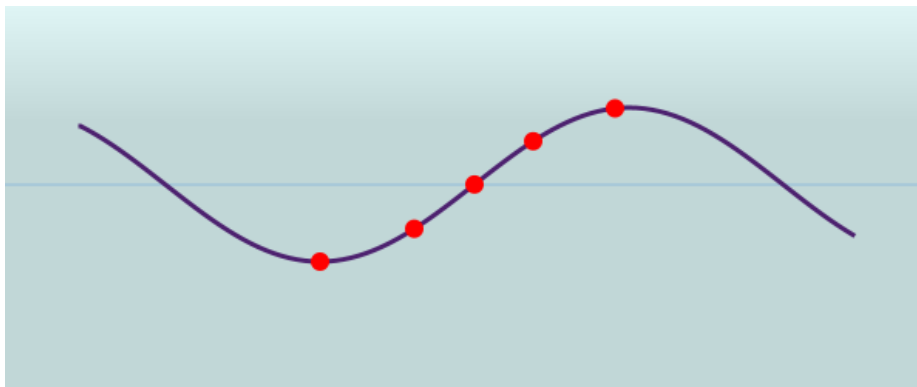
- 弦線上橫行波傳播速度公式  $v = \sqrt{\frac{T}{\rho}}$ ，其中  $T$  是弦線的張力 (tension)， $\rho$  是弦線的每單位長度質量 (mass per unit length)。由此式已可見，弦線上橫行波的傳播只與弦線的彈性性質 (elasticity) 有關。公式中沒有引力加速度  $g$ 。所以，弦線上橫行波傳播涉及的勢能只有彈性勢能 (elastic potential energy 或 strain pe)。
- 彈奏弦樂時，發出的聲音不會因樂器是水平放或垂直放而有分別。此經驗告知我們弦線上產生的波動與地心吸力無關。
- 太空人在失重狀態下也一樣可以彈奏吉他  
<https://www.youtube.com/watch?v=wM7XerPy2kY>
- 弦線上橫行波傳播一定與引力勢能  $mgh$  無關。

➤ 甚麼是彈性勢能 (elastic potential energy) ?

我們把彈簧伸長或壓縮，彈簧內儲存的能量就是彈性勢能。  
把彈簧拉得越長或壓得越深，儲的彈性勢能就越大。



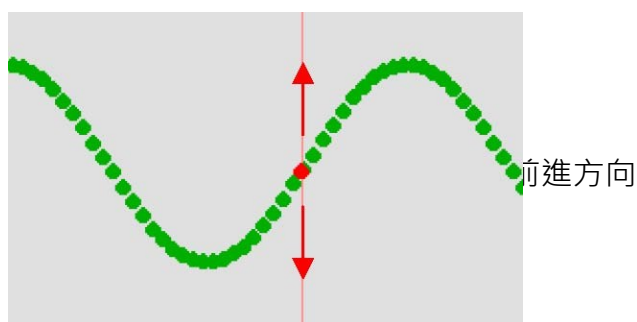
A-E 弦線那部份的彈性勢能最大?



我們只要知道 A-E 中弦線那部份拉長拉得最「厲害」，那部份的彈性勢能就越大。

弦線伸長幅度不是處處一樣嗎？一條拉直的弦線就是，傳播橫波中的弦線就不是。

- 大家定會知道橫波上粒子只作與波前進方向垂直的運動。例如橫波沿水平方向前進。當橫波經過時，弦線上的點只作上下振動，不會跟隨波動前進。



- 親愛的讀者，不如你自己動動手找答案。

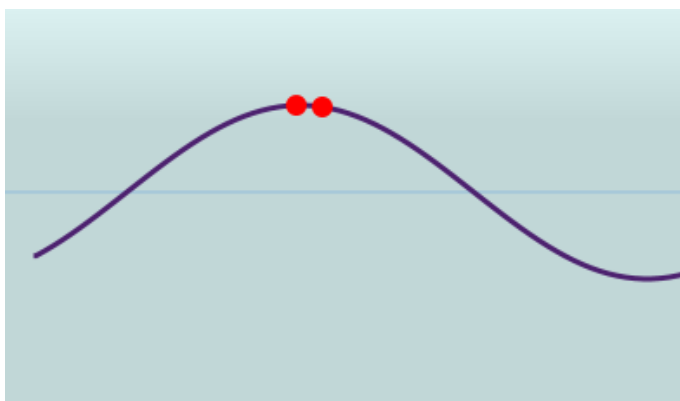
1. 到筆者「橫行波」的網頁

<http://phy.hk/wiki/chinesehtm/TwaveA.htm>

按「下載獨立執行檔」，下載「橫行波」程式。

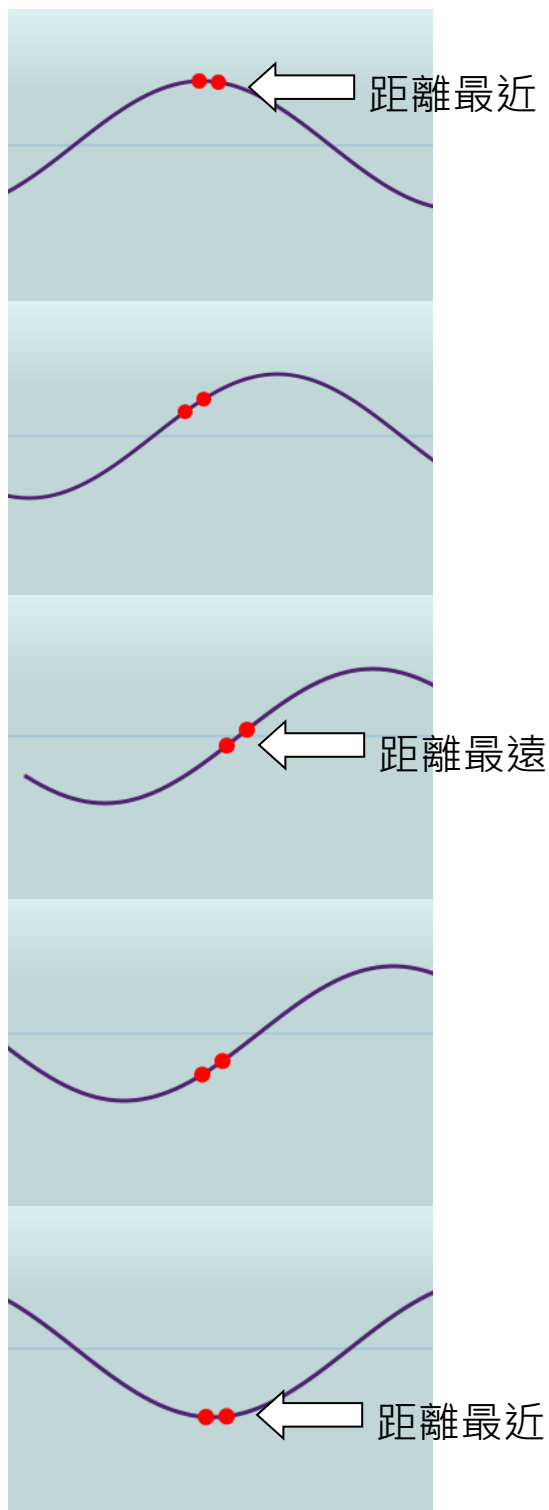
2. 雙按來開啟程式 (假設電腦已安裝 Java)

3. 選擇弦線上兩個接近相鄰的點。

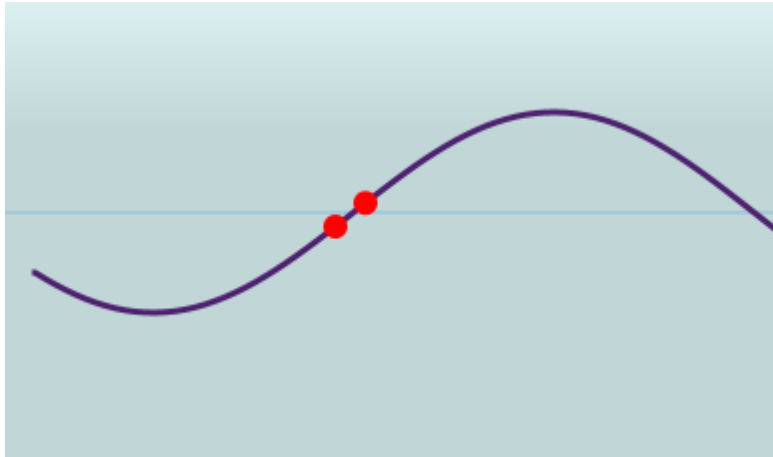


4. 讓橫波繼續前行。小心觀察那兩紅點之間的距離。在甚麼位置，它們之間的距離會最大？最大距離，即是最大彈性勢能。

➤ 如果不方便自己找，結果也顯示如下：

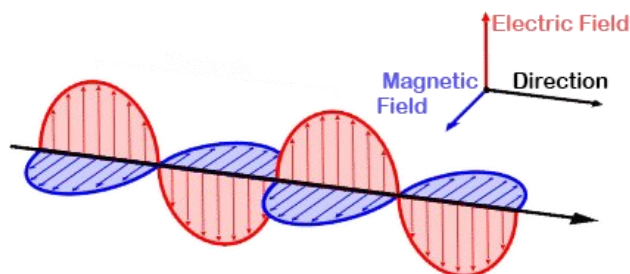


兩紅點只作上下運動，故它們的水平距離不會改變；當曲線的斜率越大，紅點的距離就越大。



在這裡，弦線拉得最「緊」，彈性勢能最大。

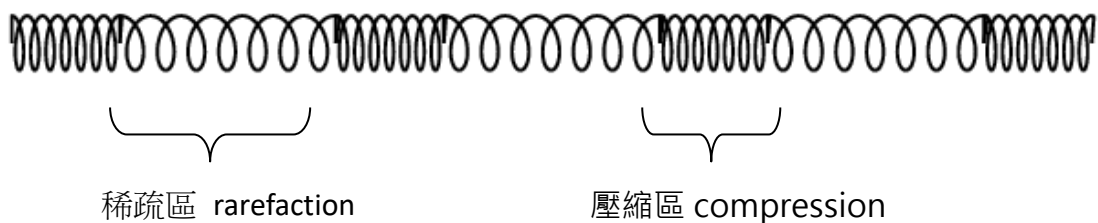
- (b)(ii) 的答案是 C。
- 概念「動能增加，勢能減少；動能減少，勢能增加」太深入民心了，所以同學或會選擇最大勢能是 A 和 E (因該兩處 KE 皆零)。不是這樣，行波 (travelling wave) 上粒子的總機械能是不守恆的。行波是把能量從一處傳遞到另一處。
- 大家對「電磁波」(electromagnetic wave) 不一定很熟悉。電磁波是電場和磁場互相激發而傳播的波動。



電場和磁場都是能量。上圖，大家可看到電場和磁場這兩種能量同步；大家一齊增大、一齊減少。電場和磁場這兩種能量對應橫行波的動能和勢能。

毫不例外，橫行波的動能和勢能一起增大，也一起減少。

➤ 縱行波 (longitudinal travelling wave) 更明顯不過



- 在上圖，稀疏區彈簧圈比正常拉得更開；壓縮區彈簧圈比正常壓得更接近。明顯，壓縮區內中央和稀疏區內中央的彈性勢能最大。
- 壓縮區內中央和稀疏區內中央的速率是最大的 (請參看 <http://phy.hk/DSE/crest.pdf>)
- 所以，再次證明「在行波中，PE 最大的地方，KE 也是最大」。

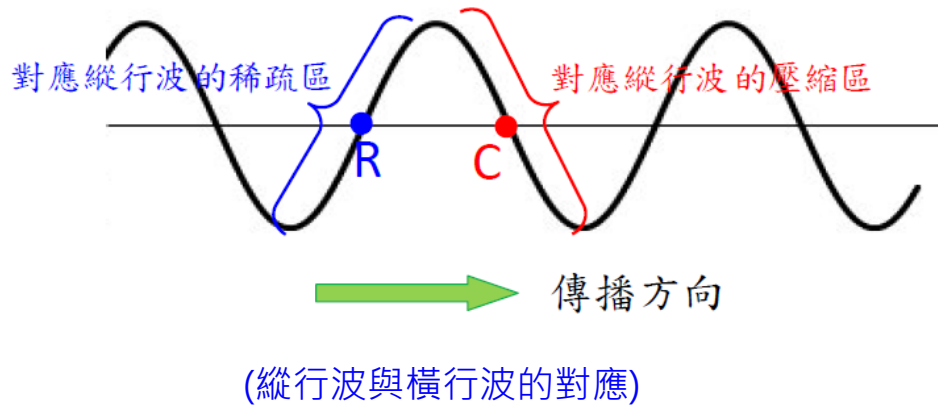
■

縱行波心訣：

Compression 中央 粒子最密

Rarefaction 中央 粒子最疏

} PE 最大 → KE 最大 → 速率最大  
(位移俱零)



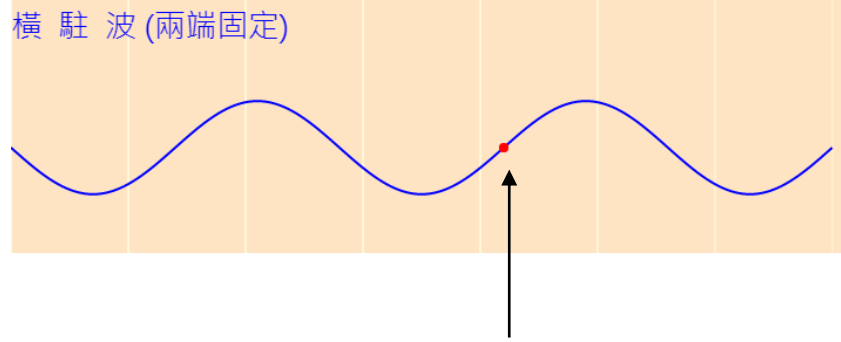
All particles inside a compression are moving in the same direction as the wave, and

all particles inside a rarefaction are moving in the reverse direction.

橫 駐 波 (transverse stationary waves) 是否也是「PE 最大 · KE 最大」？

不 是 了 ！





這時刻 PE 最大，但 KE 常為零 (波節)

「PE 最大的地方，KE 也最大。反之亦然。」只適用於行波，不適用於駐波。

Simple Harmonic Motion  
ChatGPT

ChatGPT Poe

In a traveling wave on a string, the potential energy is largest at the points of maximum displacement from the equilibrium position. These points are called the nodes in a standing wave or the crests and troughs in a traveling wave.

A traveling wave on a string consists of regions where the string is displaced from its equilibrium position. These regions are known as peaks (crests) and valleys (troughs). The potential energy is at its maximum at these points because the string has the maximum displacement from its equilibrium position, and therefore, more work is required to move the particles of the string to these extremes.

At the nodes or crests/troughs of the traveling wave, the particles of the string reach their maximum displacement in the transverse direction. This displacement corresponds to the maximum potential energy of the wave. As the wave propagates, the potential energy is continuously converted into kinetic energy and vice versa.

It's worth noting that the kinetic energy of the wave is highest at the points where the string is passing through its equilibrium

Copilot

In a traveling wave along a stretched string, the potential energy reaches its maximum value at the points of maximum displacement.

2. Points of Maximum Displacement:

- At the peak of a traveling sinusoidal string wave, both the kinetic energy and potential energy are **minimum**.
- Why? Let's break it down:
  - For a **static stretched string**, the straight configuration has **maximum potential energy** because work is needed to displace the string perpendicularly.
  - However, in a **traveling wave**, the situation is different:
    - The element of the string at the **maximum displacement** as the wave passes has:
      - **Zero instantaneous velocity** perpendicular to the straight string configuration.
      - **Minimum tension**.
    - Hence, this element has the **minimum energy** compared to other elements along the sinusoidal contour.
  - Thus, at the peak of the wave, both kinetic and potential energies are minimized.

以上是 AI 的解釋，左邊的及右上一段都是錯的；右下那一段是正確的（最“搞笑”的地方是右邊上、下二段都是出現在同一解釋內）。



吳老師 (Chiu-king Ng)

<https://ngsir.netfirms.com>

<http://phy.hk>

電郵：[feedbackWZ@phy.hk](mailto:feedbackWZ@phy.hk) 其中 WZ 是 23 之後的質數