

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)， ρ 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。

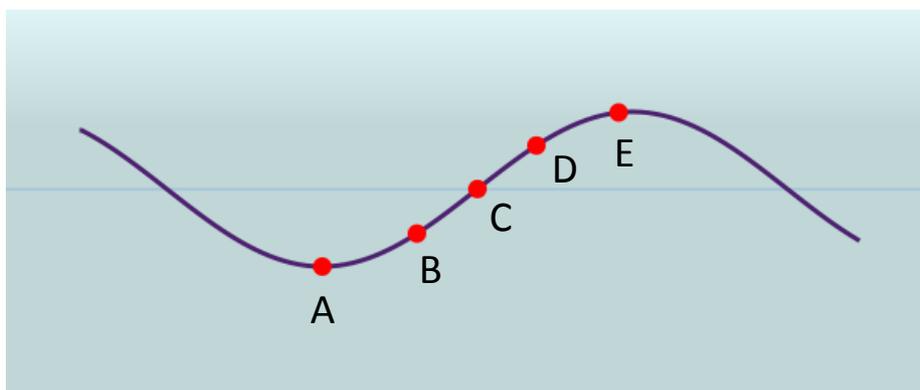
➤ 甚麼是彈性勢能 (elastic potential energy) ?

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。



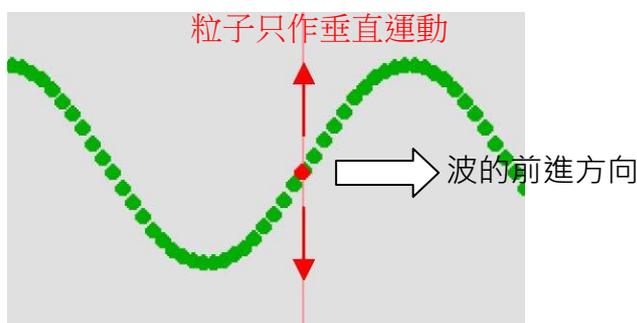
A-E 弦線那部份的彈性勢能最大?



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。

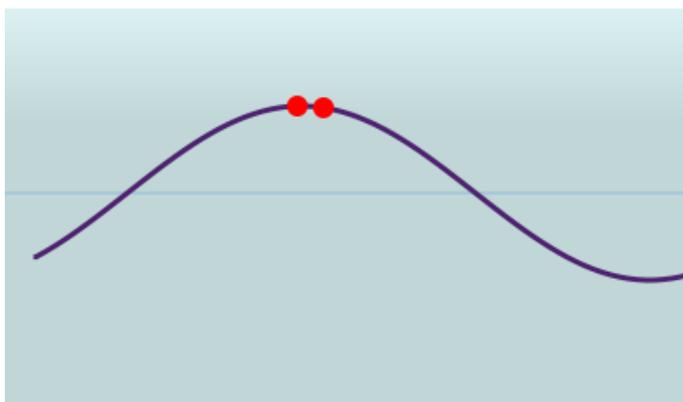
1. 到筆者「橫行波」的網頁

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

按「下載獨立執行檔」，下載「橫行波」程式。

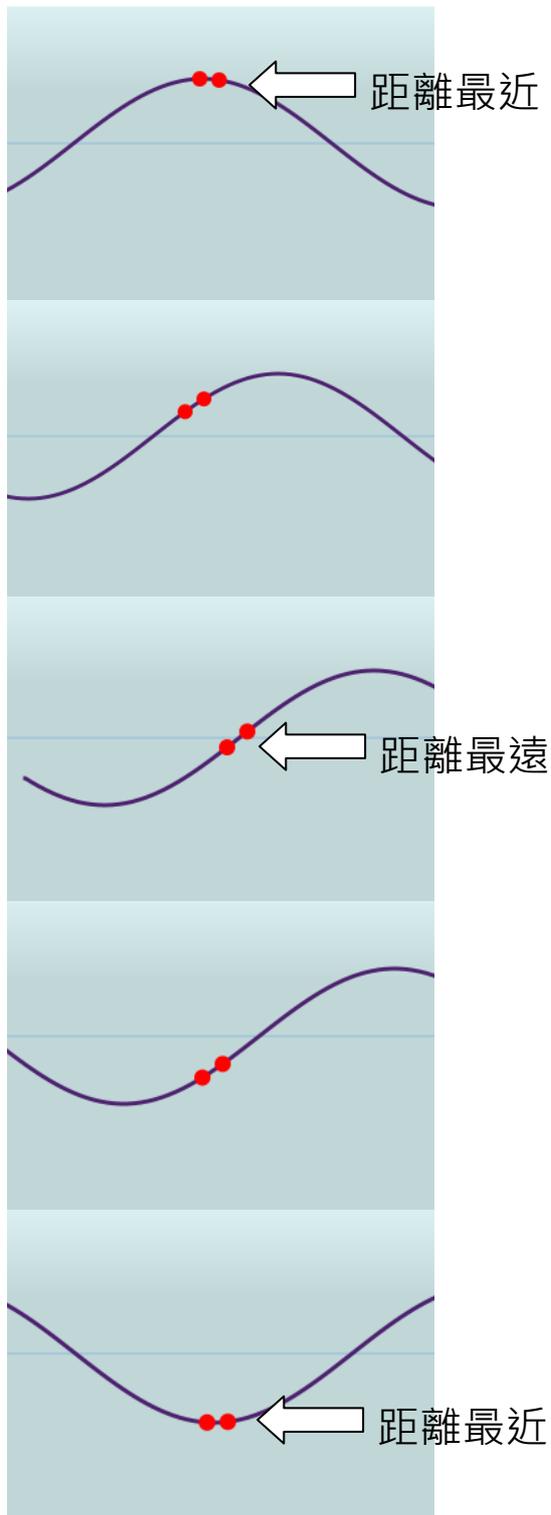
2. 雙按來開啟程式 (假設電腦已安裝 Java)

3. 選擇弦線上兩個接近相鄰的點。

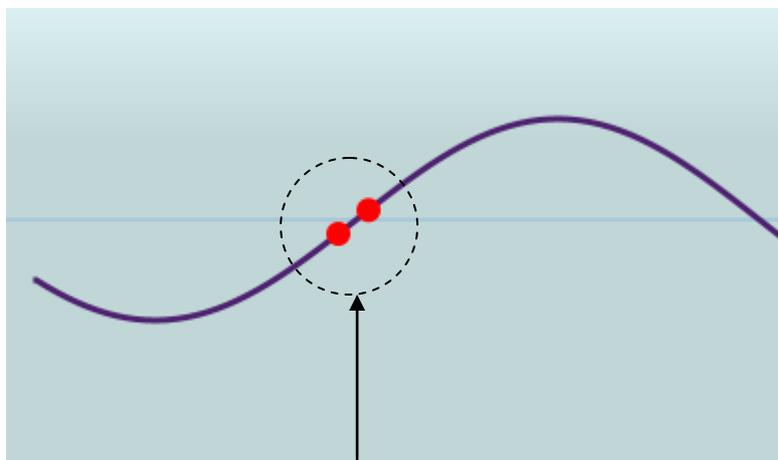


4. 讓橫波繼續前行。小心觀察那兩紅點之間的距離。在甚麼位置，它們之間的距離會最大？最大距離，即是最大彈性勢能。

➤ 如果不方便自己找，結果也顯示如下：

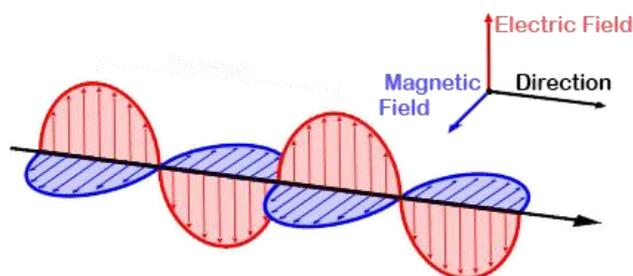


兩紅點只作上下運動，故它們的水平距離不會改變；當曲線的斜率越大，紅點的距離就越大。



在這裡，弦線拉得最「緊」，彈性勢能最大。

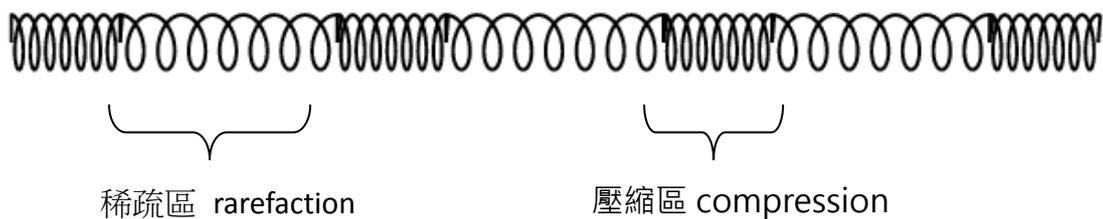
- (b)(ii) 的答案是 C。
- 概念「動能增加，勢能減少；動能減少，勢能增加」太深入人心了，所以同學或會選擇最大勢能是 A 和 E (因該兩處 KE 皆零)。不是這樣，行波 (travelling wave) 上粒子的總機械能是不守恆的。行波是把能量從一處傳遞到另一處。
- 大家對「電磁波」(electromagnetic wave) 不一定很熟悉。電磁波是電場和磁場互相激發而傳播的波動。



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，縱行波也是「PE 最大的地方，KE 也是最大。」

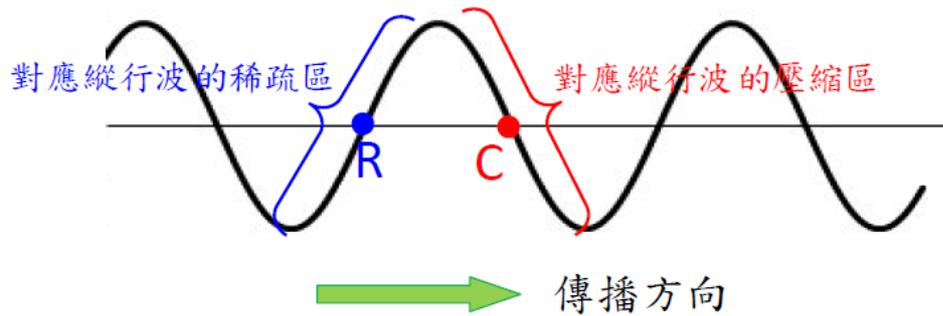
■

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)



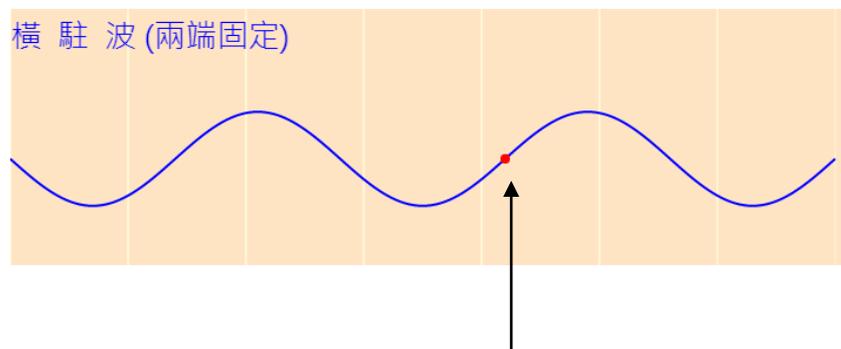
(縱行波與橫行波的對應)

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！



雖然這刻 PE 最大，但 KE 常為零 (波節)

「PE 最大的地方，KE 也最大。」只適用於行波，不適用於駐波。

吳老師 (Chiu-king Ng)

<https://ngsir.netfirms.com>

<http://phy.hk>

電郵：feedbackWZ@phy.hk 其中 WZ 是 23 之後的質數



OtherPhysicsApplets