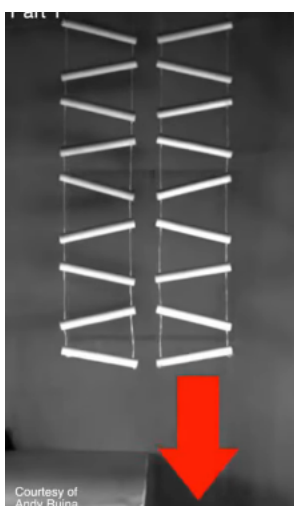


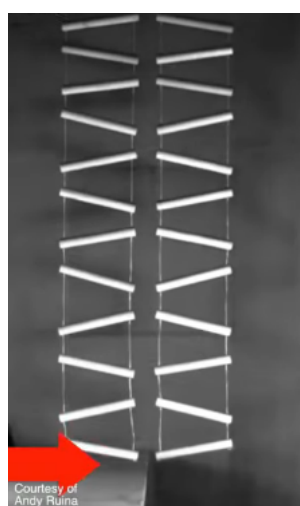
請先看以下短片：

<https://www.youtube.com/watch?v=n8WxkqMRgS4>

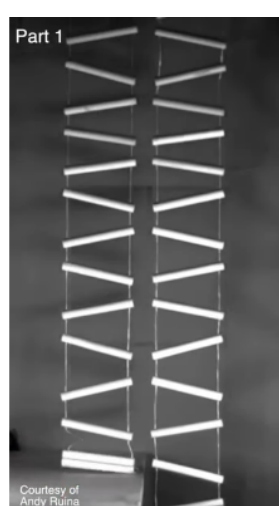
影片中有兩張「梯子」（軟繩連接傾斜棒子）自由墮下（free falling）。左邊的一張在下跌途中撞到檯面。奇怪的是 梯子撞擊檯面後居然看起來比沒有撞擊的下落得更快（下圖（d））！



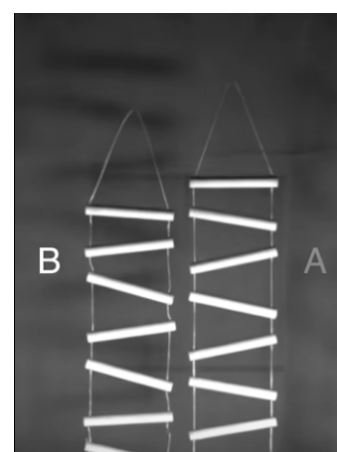
(a)



(b)



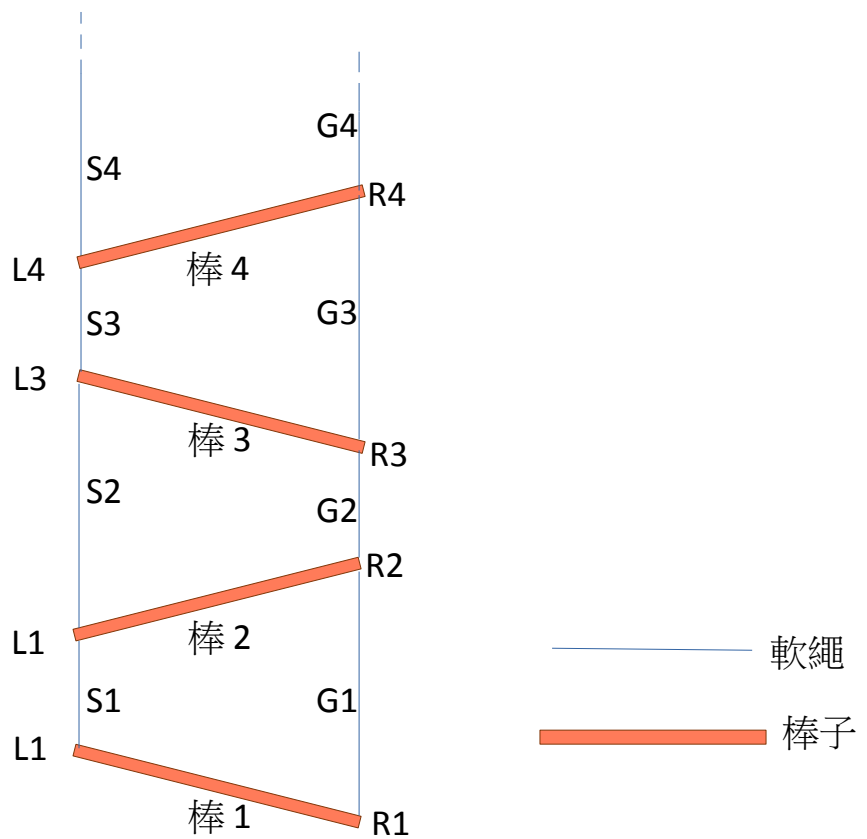
(c)



(d)

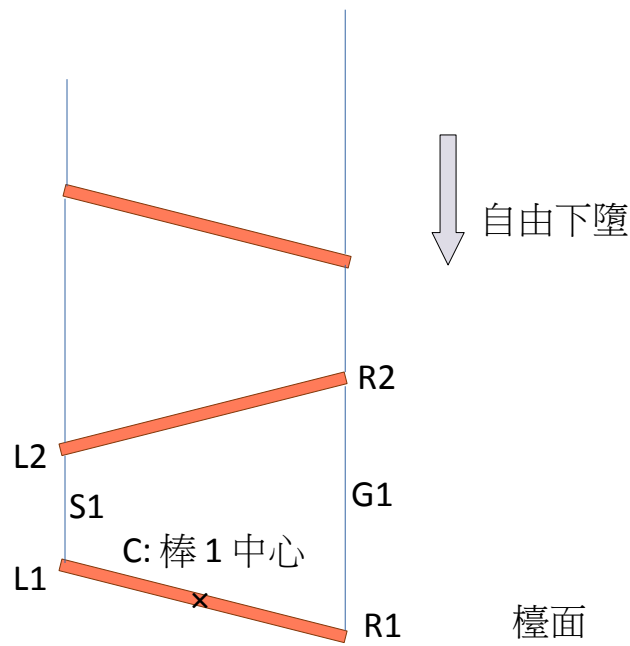
本問題以半「工作紙」的形式來引導同學找出答案。

(A) 梯子構造。我們採用以下符號來標示各部份。

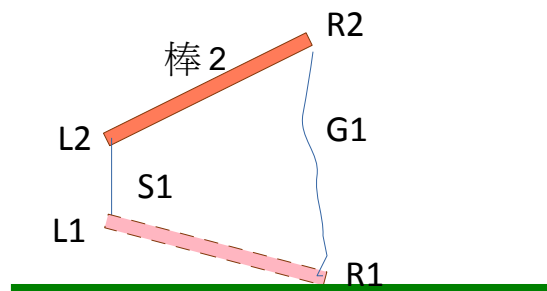


(B) 請回答以下問題

- (1) 梯子在空中自由下墮 (free falling) (撞擊檯面之前)，連接棒子之間的繩子是否存在張力？
- (2) 梯子最低的那根棒子 (棒 1) 的右端 (R1) 會首先撞擊檯面。發生撞擊時，R1 會受到一個甚麼力作用？請把此力畫在下圖 R1。

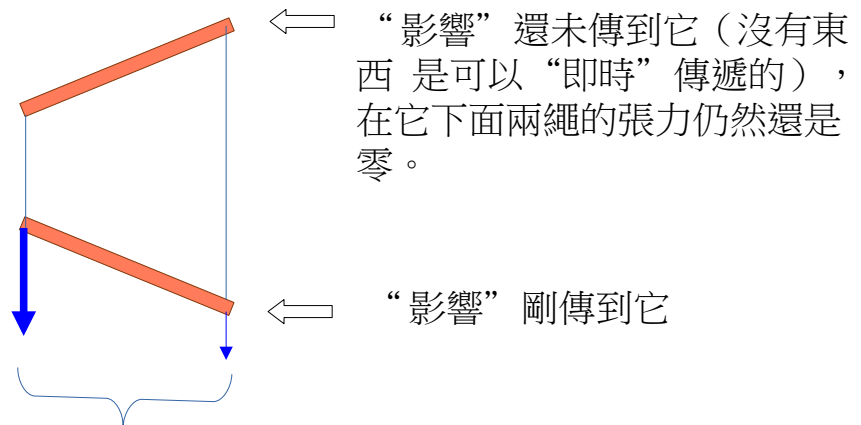


- (3) 上述 (2) 出現的力會造成相對棒 1 的中心 C 一個甚麼方向的轉矩 (turning moment) ?
- (4) 上述 (3) 出現的轉矩會造成棒 1 一個甚麼方向的轉動?  
(如果以“非物理術語”來說，此轉動很清楚，因為棒 1 由原先的“左向右向下傾斜”變成“橫放在檯面”)
- (5) 當梯子撞擊檯面後的一剎那，出現了(4)提及的轉動之後的瞬間，  
(a) L1 (棒 1 的左端)，還是 L2 (棒 2 的左端) 的向下速度稍快一些？  
(b) 這會令到 L1 和 L2 之間的短繩 S1 發生甚麼變化？請在下圖畫上 L2 在當時受到 S1 的張力。



當棒 1 撞擊檯面後，R1 已停在檯面，但 R2 仍在下跌。即是右邊的長繩 G1 變成屈縮。G1 的張力仍然是零。

- (6) 上述棒 2 受到 S1 的張力會使棒 2 下跌得更快還是變慢？
- (7) 另外，棒 2 受到 S1 的張力會使棒 2 產生一個甚麼方向的轉動？
- (8) 簡單而言，棒 2 發生的轉動會通過它上面兩邊的長短繩再影響棒 3，棒 3 又影響棒 4，...
- (i) “影響” 由下到上：棒 1 → 棒 2 → 棒 3 → 棒 4 → ...
  - (ii) 這個“影響” 其實就是繩的張力一級一級的傳遞。
  - (iii) 當那根棒子受到影響，它就是受到它下面的一根或兩根繩的向下扯作用。



張力是否只存在一邊，還是兩邊皆有？（轉動加上加快的下跌，問題已變得複雜）但這已不重要。

張力只可以向下，即是受“影響”的棒子必然被扯下。

(9) 簡單而言，只要是過程開始了，棒子就會依次序逐一被扯下。這就解釋了為甚麼整張梯子最後會下跌得比 free falling 更快。

(10) 若問：「物體受迎面撞擊，必會減慢速度，但為甚麼這例看似相反？」

(i) 上述的“被扯下”，是當棒子還在空中的時候。

(ii) 當每根棒子最後落在檯面，它必然都會停下來。

(iii) 「物體受迎面撞擊，必會減慢速度」沒錯，但「物體」是指整個物體，不是它的一部份。已停在檯上的棒子加上在空中仍在下跌的棒子的總體才是該物體。“總體減慢”和“部份加快”是完全沒有衝突的兩件事！同學可以舉一些生活例子嗎？



作者：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