

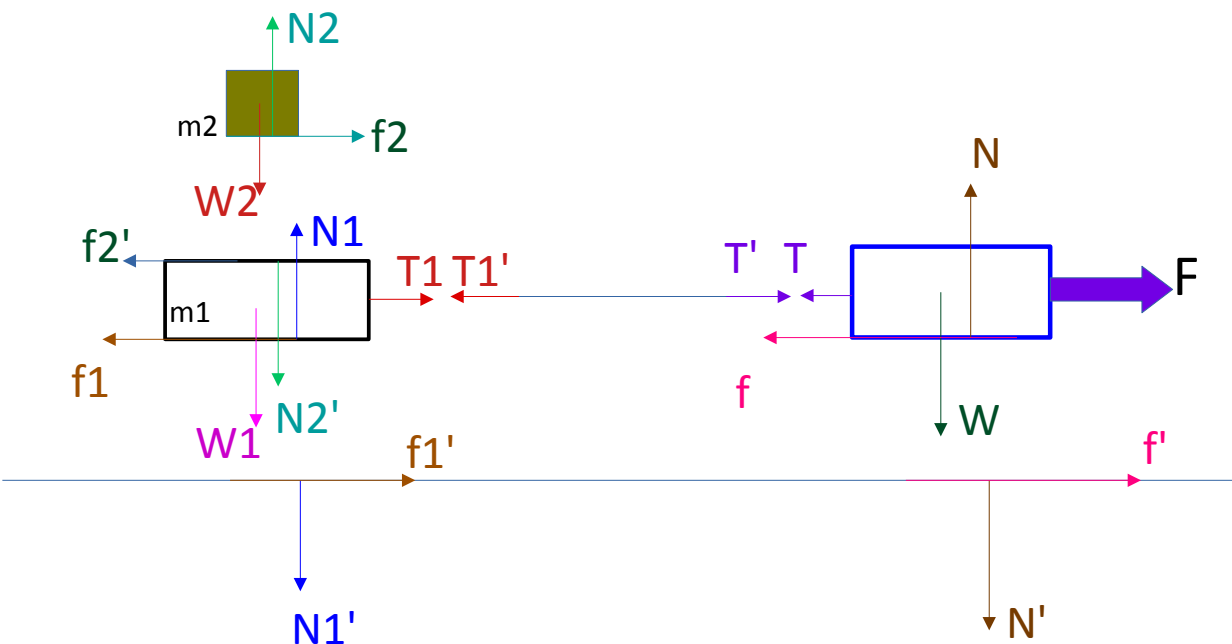
談一談力學中的系統 (system)、  
內力 (internal force) 和外力 (external force)

從這個例子說起。

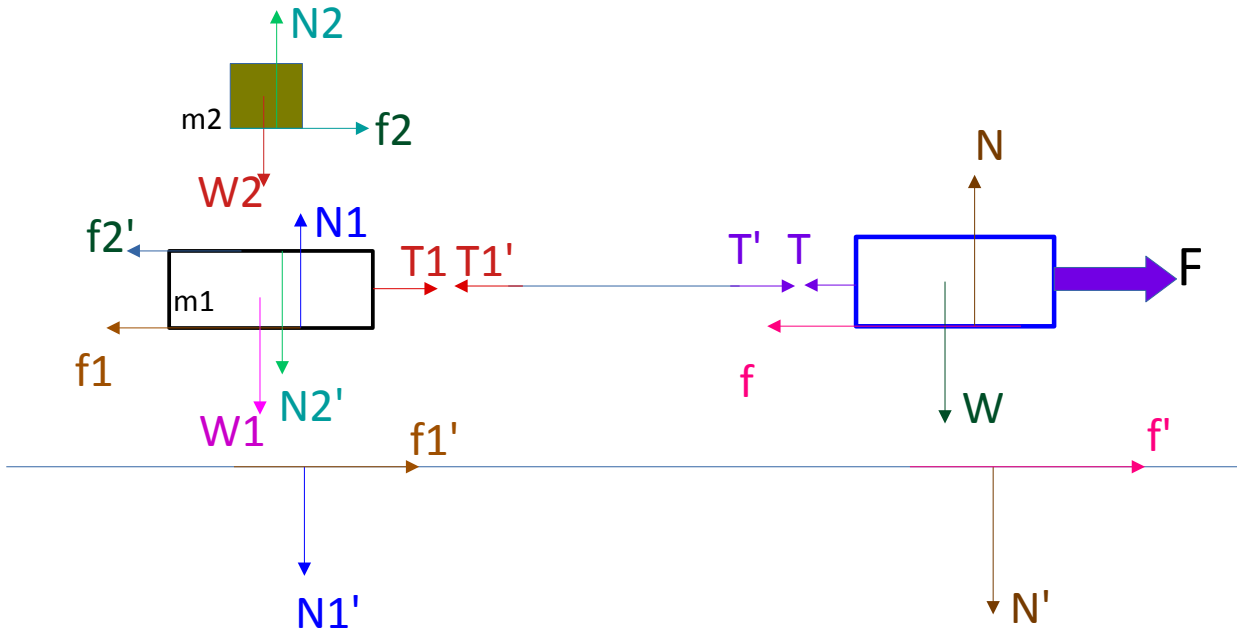


M1, m1 和 m2 都向右加速。非常熟悉的“ $F=ma$ ”，大家都可以用得正確嗎？

我們不妨把這三個方塊所受的力 全部 畫出。有點複雜唷。



<b>F</b>	一個不知名的人或物施於 M 的力	反作用力不在圖內
<b>f</b>	地面施於 M 的摩擦力	"作用力 — 反作用力" 關係
<b>f'</b>	M 施於地面的摩擦力	
<b>N</b>	地面施於 M 的法向力	"作用力 — 反作用力" 關係
<b>N'</b>	M 施於地面的法向力	
<b>W</b>	地球施於 M 的引力 (M 的重量)	反作用力不在圖內
<b>T</b>	繩右端施於 M 的力 (繩的張力)	"作用力 — 反作用力" 關係
<b>T'</b>	M 施於繩右端的力	



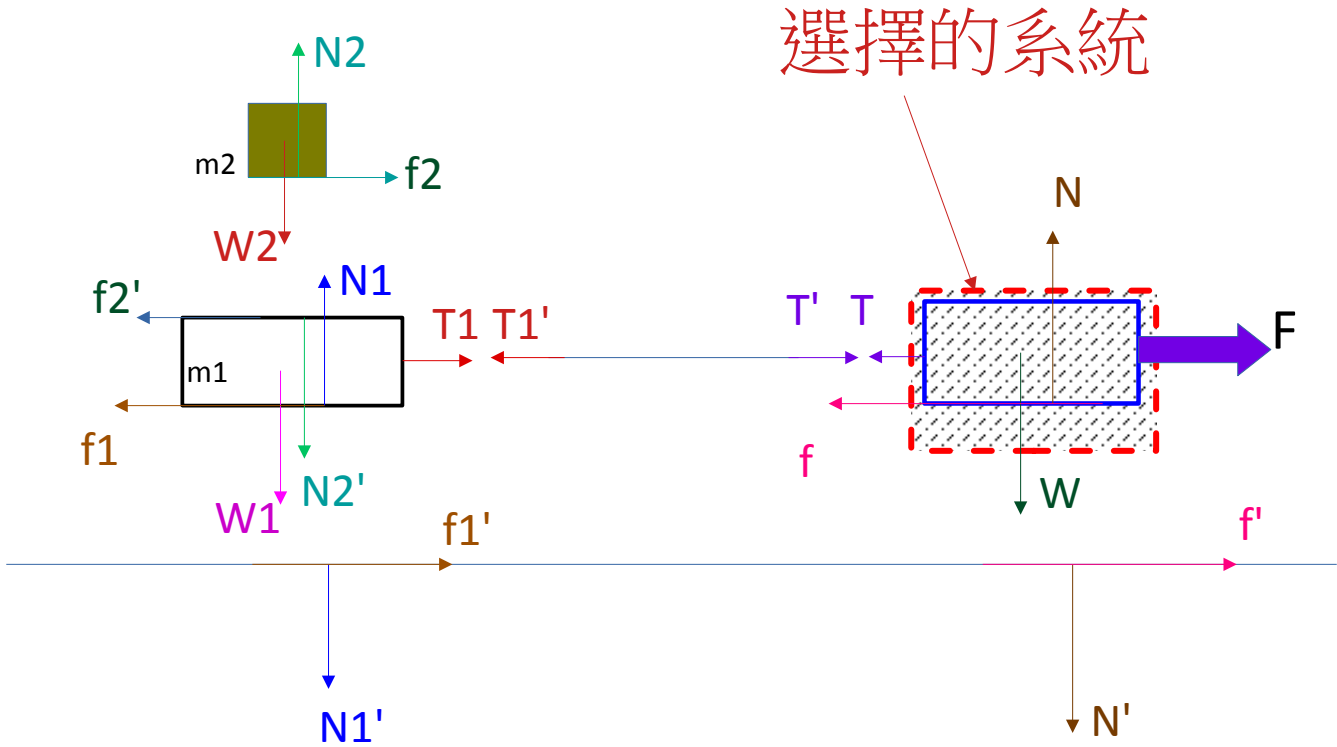
<b>W1</b>	地球施於 $m_1$ 的引力 ( $m_1$ 的重量)	反作用力不在圖內
<b>T1</b>	繩左端施於 $m_1$ 的力 (繩的張力)	"作用力 — 反作用力" 關係
<b>T1'</b>	$m_1$ 施於繩左端的力	
<b>f1</b>	地面施於 $m_1$ 的摩擦力	"作用力 — 反作用力" 關係
<b>f1'</b>	$m_1$ 施於地面的摩擦力	
<b>N1</b>	地面施於 $m_1$ 的法向力	"作用力 — 反作用力" 關係
<b>N1'</b>	$m_1$ 施於地面的法向力	

<b>W2</b>	地球施於 $m_2$ 的引力 ( $m_2$ 的重量)	反作用力不在圖內
<b>f2</b>	$m_1$ 施於 $m_2$ 的摩擦力	"作用力 — 反作用力" 關係
<b>f2'</b>	$m_2$ 施於 $m_1$ 的摩擦力	
<b>N2</b>	$m_1$ 施於 $m_2$ 的法向力	"作用力 — 反作用力" 關係
<b>N2'</b>	$m_2$ 施於 $m_1$ 的法向力	

那 " $F=ma$ " 中的  $F$  是甚麼力？  
 那視乎我們考慮的那個系統 (system)。

## 萬物皆符合 " $F = ma$ "

(i) 若選擇M 為系統 (system)



\* 我們要問的是

“有甚麼力是由 **系統外** 的物體施力於這系統的？”

答：F, N, W, T, f 這些力統統都是。這些力稱為這系統受到的 **外力** (external forces)。

\* 我們為何不考慮，譬如  $W_1$ ？因為那是地球（系統外物體）施於  $m_1$ （系統外物體）的力；明顯， $W_1$  不是“系統外物體施於這系統的力”

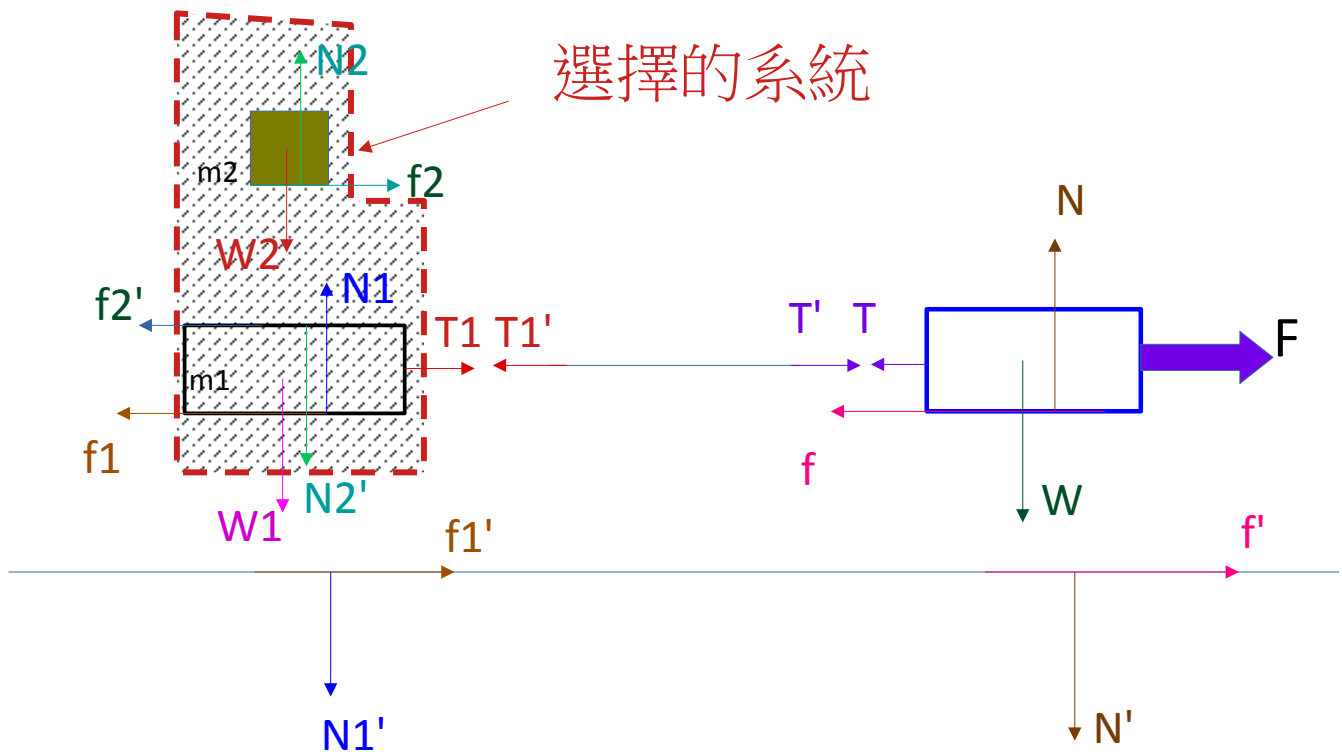
\* 再把這些外力分為兩堆：水平和垂直的。

水平方向：F, T, f

垂直方向：N, W

- \* 水平方向的淨力製造水平方向的加速，所以及  $F-f-T = Ma$ 。  
垂直方向的淨力製造垂直方向的加速。現在沒有垂直方向加速，  
所以  $N-W=0$

(ii) 若選擇  $(m_1 + m_2)$  為系統 (system)



- \* 以下哪些才是這系統受到的 外力？

T1	✓	繩 (系統外物體) 施於這系統的力
T1'	✗	繩是這系統外物體，它受的力與系統無關
f2	✗	這是 系統內 兩物體互施對方的力。這些力稱為系統的 內力 (internal forces)
f2'	✗	
W1	✓	地球 (系統外物體) 施於這系統的力
W2	✓	地球 (系統外物體) 施於這系統的力
N2	✗	這一對也是內力。
N2'	✗	

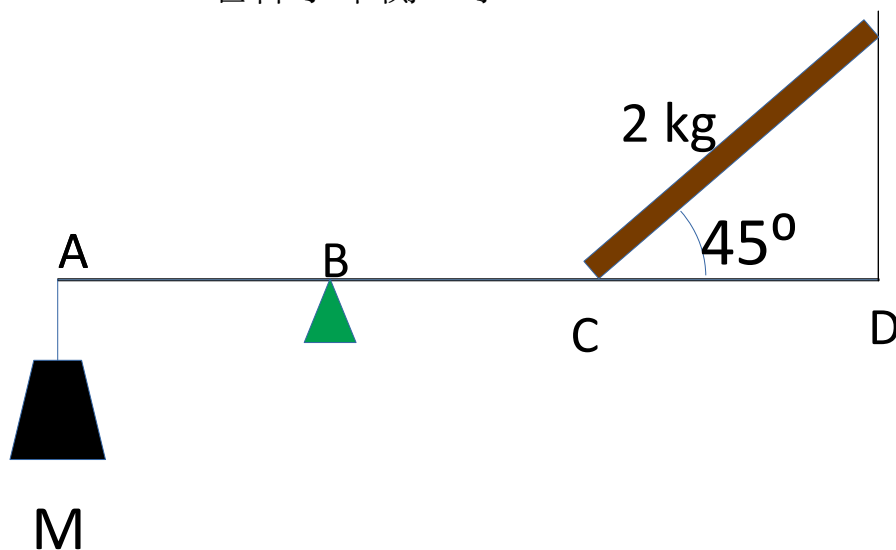
N1	✓	地板（系統外物體）施於系統的法向力
N1'	✗	地板是系統外物體，它受的力與系統無關
f1	✓	地板（系統外物體）施於這系統的摩擦力
f1'	✗	地板是系統外物體，它受的力與系統無關

\* 所以，水平方向： $T1 - f1 = (m1 + m2)a$

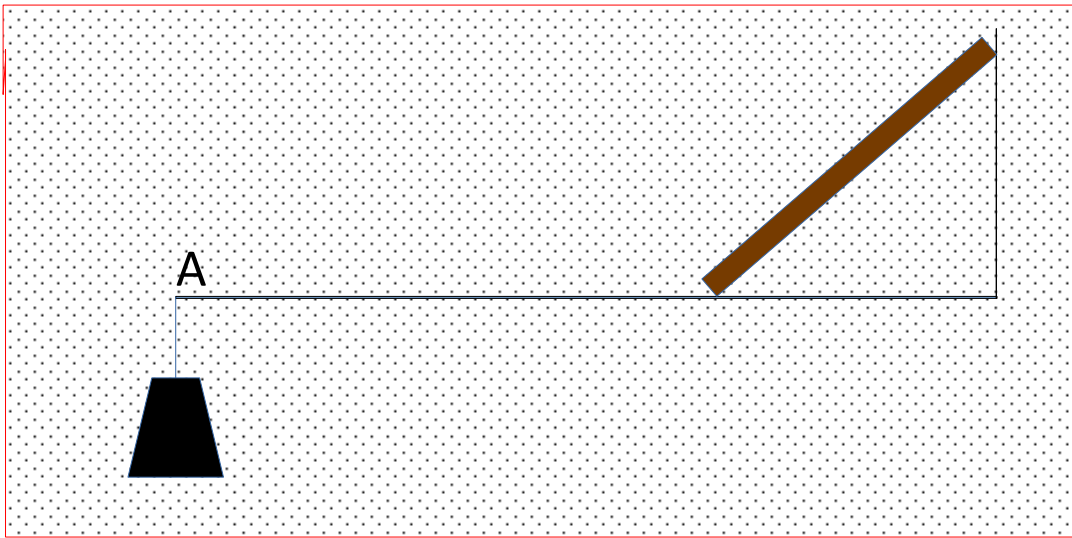
垂直方向： $N1 - W1 - W2 = 0$

系統內物體互施對方的力稱為系統的 **內力**（internal forces）。這些內力統統無須放入“ $F = ma$ ”，因為任何一個內力，它的反作用力也必然同時出現在系統內。根據牛頓第三定律，作用力和它反作用力必然是大小相同、方向相反。所以這些內力必然在系統內一對一對地相消。

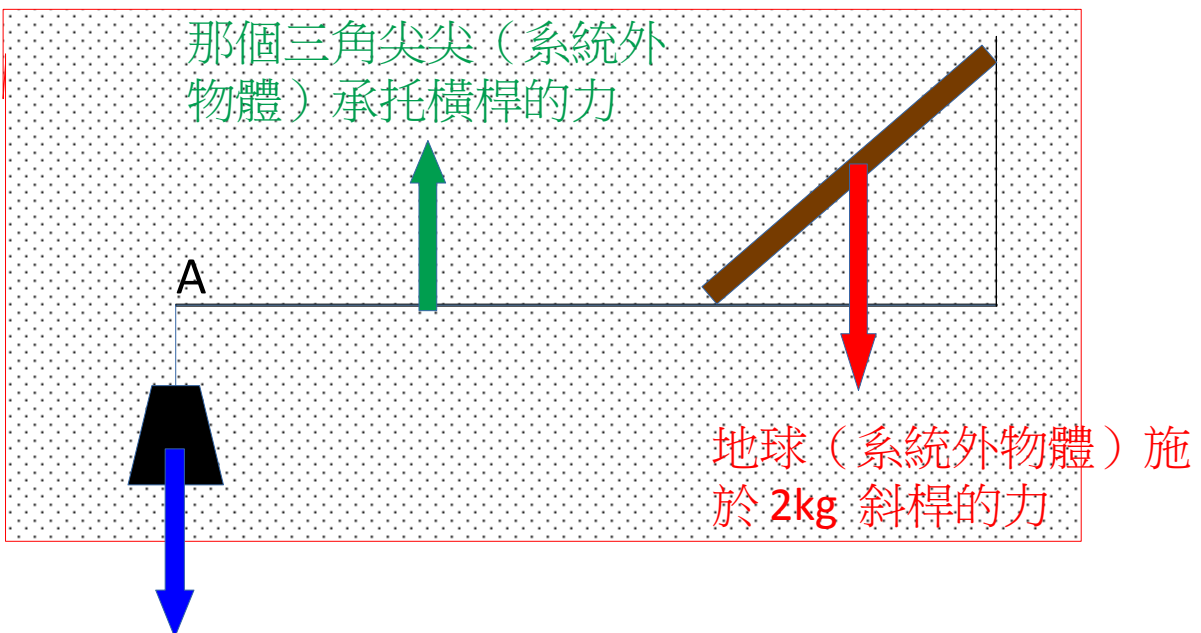
例：AB=BC=CD。若桿子平衡，求 M。



方法 1：若果選擇以下這範圍內的物體為系統，那我們要考慮那些外力？



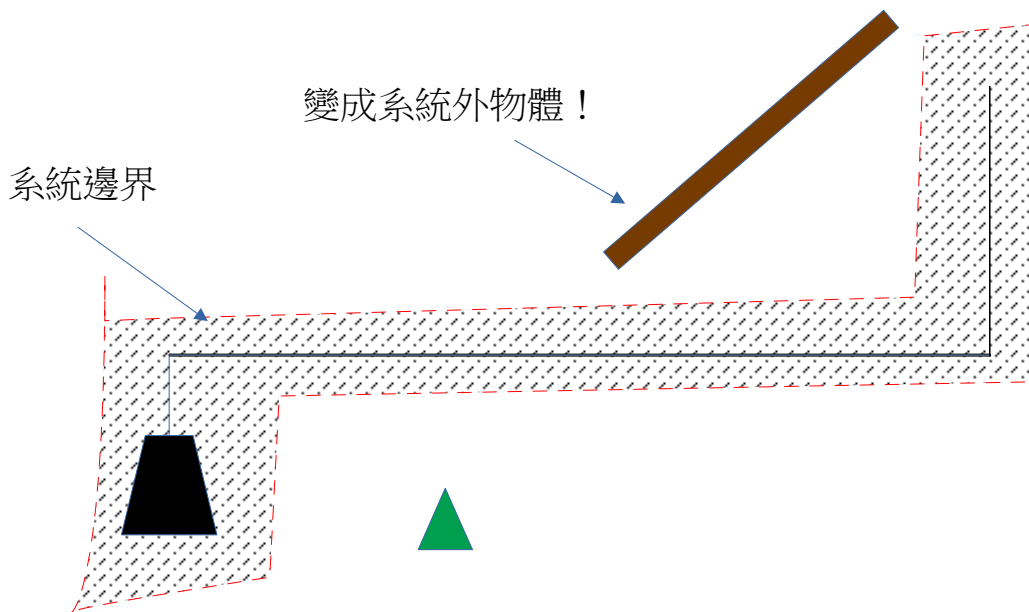
就只有這三個是外力：



地球（系統外物體）  
施於 M 的力

## 方法 2：

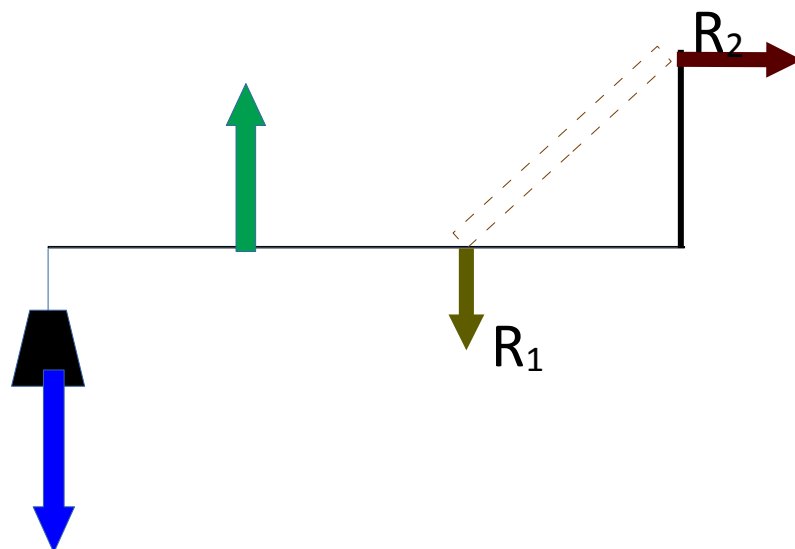
我們也可以這樣選擇系統：



這時，我們要考慮斜桿的重量嗎？

不要，因為斜桿的重量是 地球（系統外物體）施於斜桿（系統外物體）的力。

取而代之，我們要考慮是斜桿施於系統的那兩個法向力（在“方法 1”是內力）。





## 簡單總結：

- a. 系統 外 物體 施於 系統 內 物體的力是 外力，均須視為可製造系統加速的力。
- b. 系統 內 物體 施於 系統 內 物體的力是 內力，均會“作用力 - 反作用力”一對對相消，故不須考慮。
- c. 系統 外 物體 施於 系統 外 物體的力與系統扯不上（力學上的直接因果）關係。
- d. 系統 內 物體 施於 系統 外 物體的力不會造成系統自己加速（它們的反作用力則會，亦即是上面（a）說的外力）。
- e. 至於如何選擇系統為最佳，那要視乎問題問甚麼和我們的解題經驗了！



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