

第三章 物體的運動

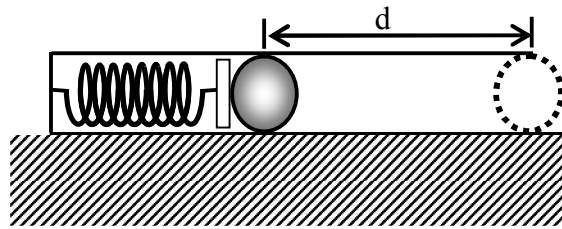


3-1 物體運動的軌跡

- 物理學上所謂物體的運動（motion），是指物體的位置（position）隨時間而變化的狀態。
- 運動可區分為：移動、振動、轉動。



移動



振動



轉動

- 為了簡化討論，通常將物體視為質點。

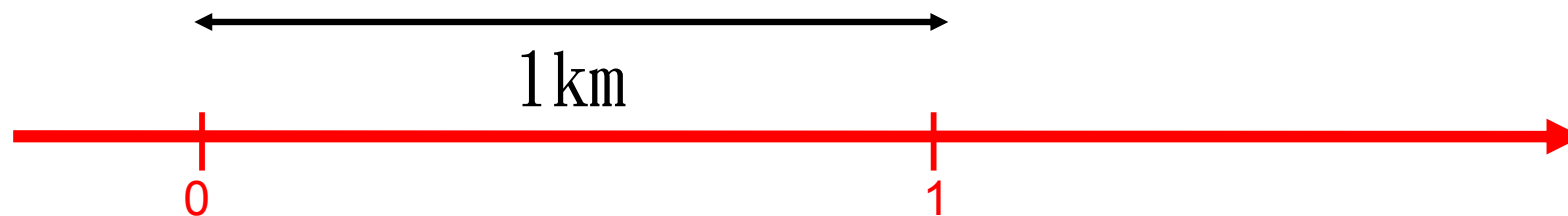
位置的描述



愛因斯坦的位置？

101大樓前方1km處

描述物體的位置得定出一參考點(101大樓)
參考點定為座標的原點



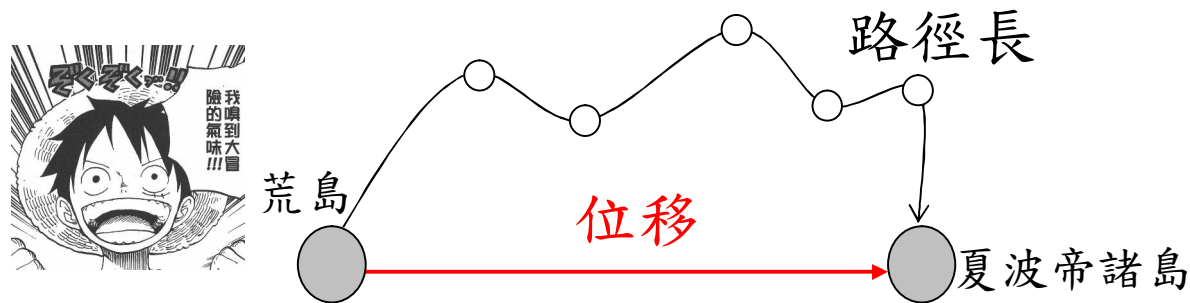
位移、路徑長

位移：物體位置的變化(直線距離)，因此只與初位置、末位置有關，和運動的過程無關。

位移(Δx)=末位置-初位置

位移具有大小、方向。

路徑長：物體運動的實際距離。



平均速率、瞬時速率

如何描述物體運動的快慢？

以物體在某一時間內經過的長度描述，表示為

平均速率 = $\frac{\text{路徑長}}{\text{時距}}$ 以符號表示 $\vec{v} = \frac{\Delta S}{\Delta t}$

瞬時速率

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta S}{\Delta t}$$



平均速度、瞬時速度

物理上，通常著重的是位置狀態的變化，因此通常不以速率來描述物體運動的快慢，而改用速度來描述。

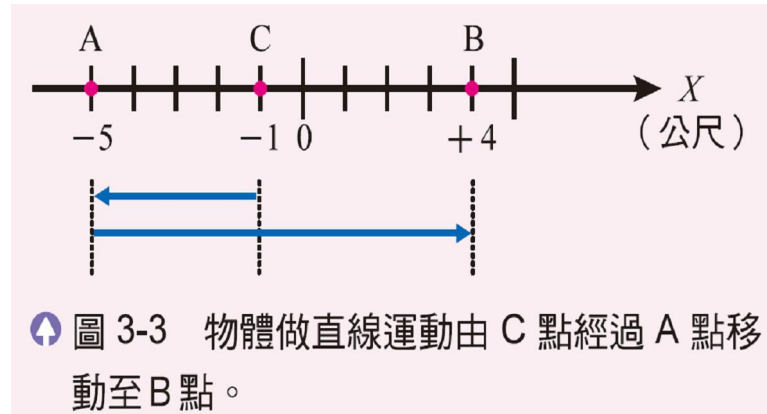
平均速度 = $\frac{\text{位移}}{\text{時距}}$ 以符號表示 \longrightarrow $\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$

瞬時速度

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \lim_{t_2 \rightarrow t_1} \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$

例題3-1

(1) 如圖3-3，物體作直線運動由C點 ($X_C = -1$) 移動到A點 ($X_A = -5$)，再移動到B點 ($X_B = +4$) 的位移與路徑長各為何？



(2) 若物體由C點移動到A點經過2秒，再由A點移動到B點時，需再經過3秒，則由C點到B點的期間內，物體的平均速度與平均速率各為何？

加速度運動

- 若速度保持定值，稱為等速度運動。
- 若速度發生變化，稱為加速度運動。
- 速度的變化包含大小、方向。

平均加速度 = $\frac{\text{速度變化量}}{\text{時距}}$ $\xrightarrow{\text{以符號表示}}$ $\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$

瞬時加速度 $\xrightarrow{\text{以符號表示}}$ $a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \lim_{t_2 \rightarrow t_1} \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$

例題 3-2

某電車的速度為10公尺 / 秒，欲使該電車於5秒內停止，則平均加速度應為多少公尺 / 秒²？

速度&加速度

- 速度、速率的單位為 m/s 。
- 加速度的單位為 m/s^2 。

速度、加速度同方向 \longrightarrow 速度變快

速度、加速度反方向 \longrightarrow 速度變慢

速度、加速度互相垂直 \longrightarrow 僅改變速度方向

自由落體運動(等加速度運動)

- 加速度大小、方向保持定值的運動稱為等加速度運動。
- 若物體只受到地球引力的作用，稱為自由落體運動，加速度稱作重力加速度。
- 在地表附近，重力加速度的大小為 9.8m/s^2 方向向下，符號以 g 表示，所以自由落體運動是一種等加速度運動。
- 任何物質在**不計空氣阻力**的情況下，加速度大小均相同，從同一高度落下會同時掉落地面。

等加速度運動方程式

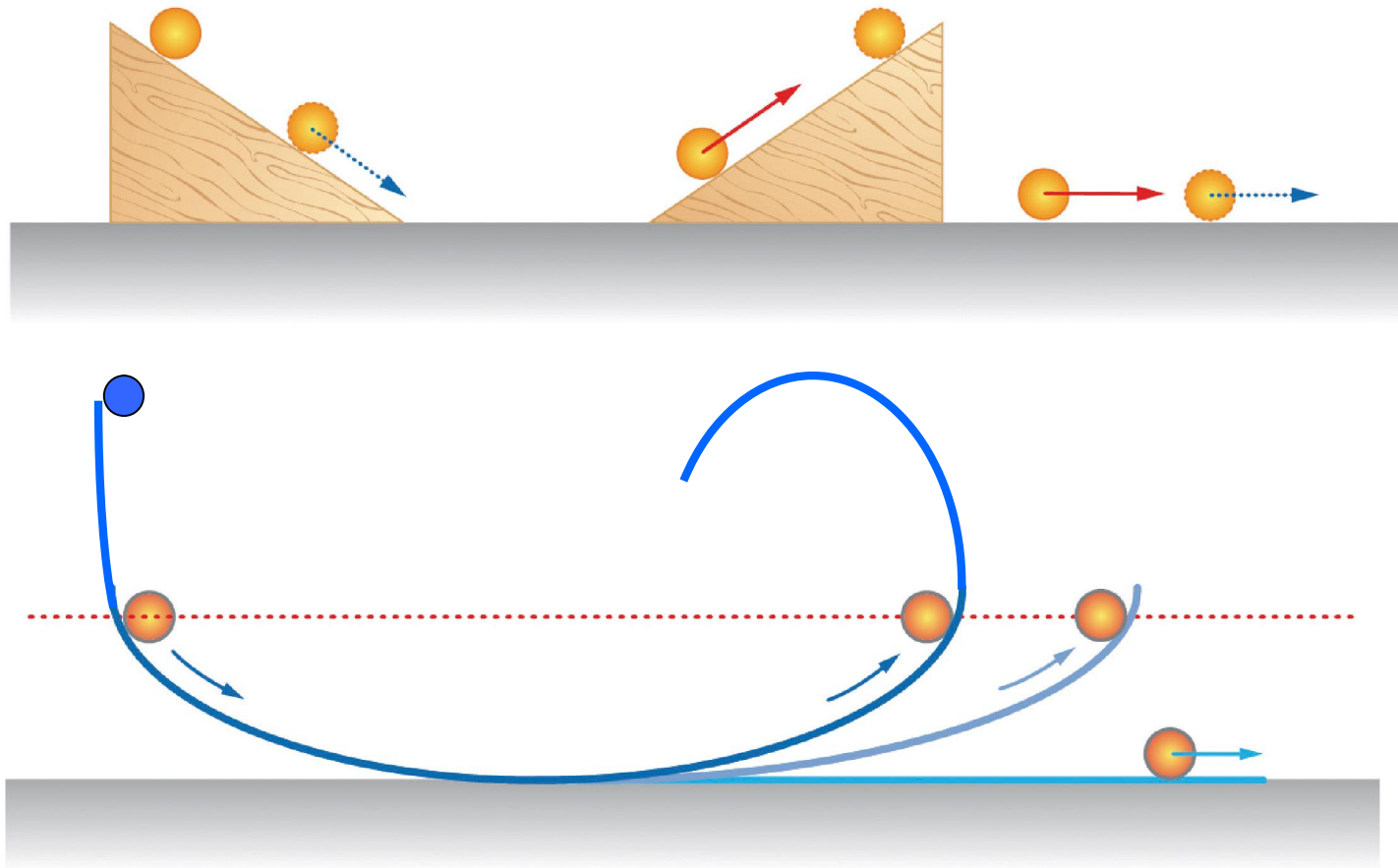
$$v = v_0 + at \quad \text{-----} \quad a\text{-}t\text{圖}$$

$$x = \left(\frac{v + v_0}{2}\right)t \quad \text{-----} \quad v\text{-}t\text{圖}$$

$$x = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$$

$$v^2 = v_0^2 + 2ax$$

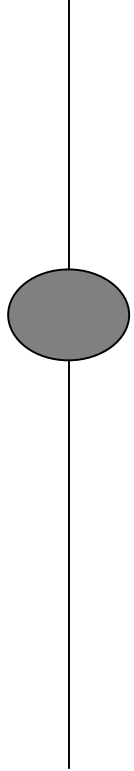
3-2 牛頓運動定律



第一運動定律-慣性定律

- 物體具有維持原來運動狀態的特性，此性質稱為物體的**慣性**。
=>所以牛頓第一運動定律又稱為**慣性定律**。
- 當物體**不受外力**作用或所受的**合力為零**時，靜止的物體維持靜止，運動的物體維持作等速度直線運動。

慣性定律的例子



想一想有哪些？



第二運動定律

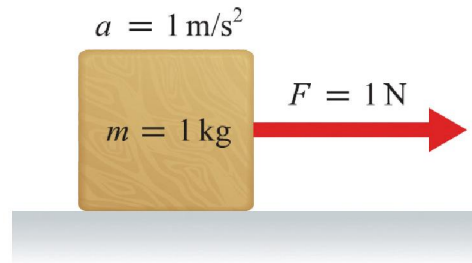
- 若物體所受合力不為0，則物體的運動狀態又將如何？

物體的運動狀態將被改變，物體會獲得加速度。

- 物體受合力 (F) 作用時，會在合力作用的方向上產生加速度，此加速度 (a) 與合力成正比，而與物體的質量 (m) 成反比。

牛頓第二運動定律： $F=ma$
(力的方向與加速度方向相同)

力的單位與重力



1牛頓 (N) 定義為讓質量1 kg的物體產生 1m/s^2 的加速度。即 $1\text{N} = 1 \text{ kg} \times 1\text{m/s}^2$

質量1公斤的物體受地心引力作用而產生 9.8m/s^2 的重力加速度，則

$$W = 1\text{kg} \times 9.8\text{m/s}^2 = 9.8\text{N}$$

因此 $1\text{kgw} = 9.8\text{N}$

第三運動定律-作用力&反作用力

- 兩物體間的交互作用，有一作用力必同時產生一反作用力，兩者大小相等、方向相反，且作用在同一直線上。
- 當甲物體作用於乙物體之力稱為作用力，則乙物體同時施於甲物體之力稱為反作用力。
- 作用力與反作用力不作用在同一物體上，故不會抵消。

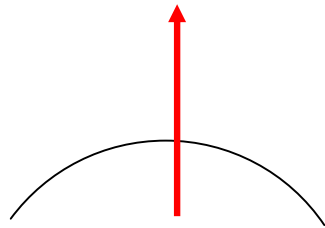
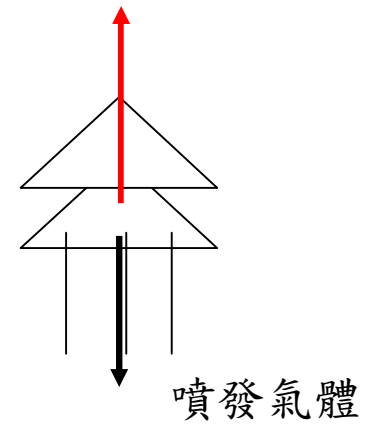
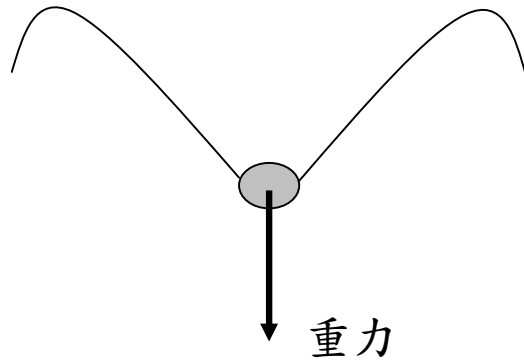
第三運動定律的實例



想一想有哪些？

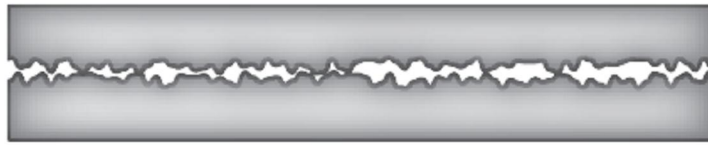


第三運動定律的練習

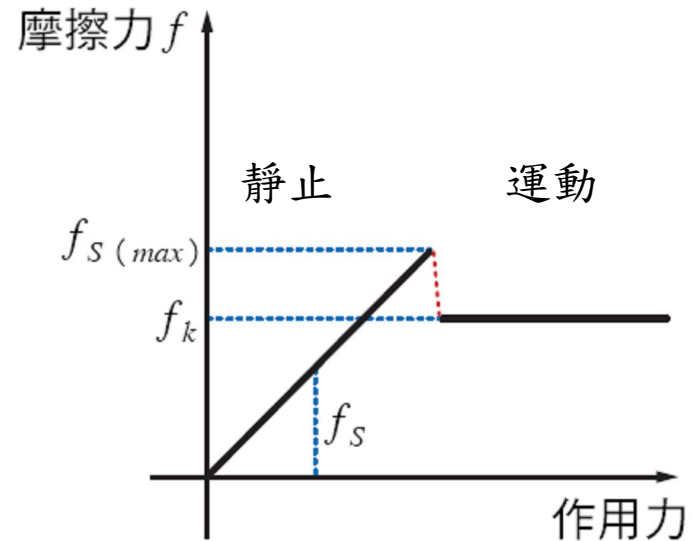


摩擦力的來源及種類

- 當兩物體間有相對移動的趨勢時，在接觸面產生的交互作用力稱為**摩擦力**。



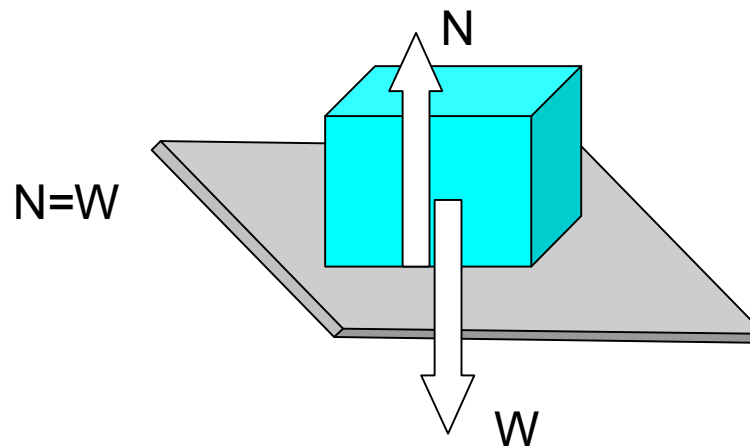
摩擦力的來源是由兩接觸面之間分子相互吸引所產生的。



- 摩擦力區分為**靜摩擦力**、**動摩擦力**。

摩擦力&正向力的關係

- 當物體置放於接觸面上，因物體無法垂直接觸面向下運動，所以接觸面會施給物體一向上作用力，稱為**正向力(N)**，正向力的方向與接觸面**垂直**。



- 最大靜摩擦力、動摩擦力與正向力成**正比**。

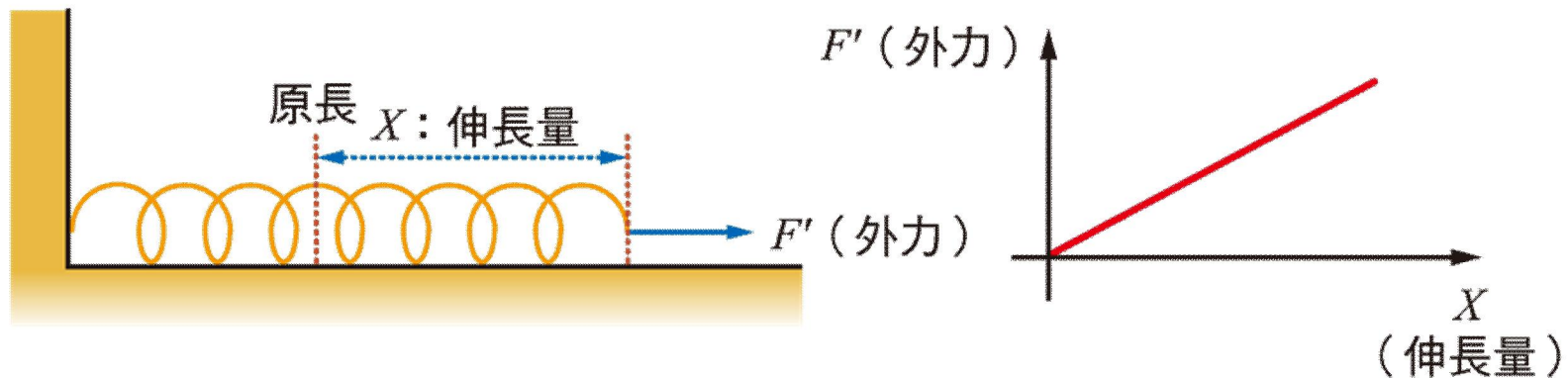
$$f_{s(\max)} = \mu_s N$$

$$f_k = \mu_k N$$

μ_s 、 μ_k 稱為靜摩擦係數與滑動摩擦係數，與接觸面性質有關。

彈簧力(彈力)

- 彈性體在其彈性限度內，受外力作用產生的形變量會與外力成正比，稱為**虎克定律**。
- 虎克定律可用數學式表示： $F = -kX$ 。
 F ：彈性恢復力。 k ：彈力常數。



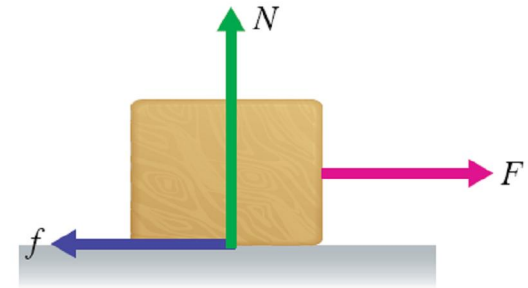
例題3-3

甲、乙兩物體質量分別為1公斤及2公斤，將其並排置於水平桌上。今以一水平力 $F=15$ 牛頓施於甲物體。設甲、乙兩物體與桌面的摩擦力可以忽略，則兩物體的加速度量值為多少公尺/秒²？甲、乙兩物體間的作用力為多少牛頓？



例題3-4

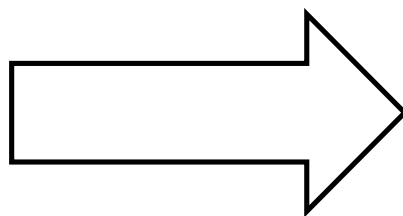
一質量為2公斤的木塊靜止平放於一水平面上，要拉動木塊，至少需施力4牛頓，但木塊運動後，僅須用2牛頓的力，即可使其維持等速度運動。求木塊與地面間的靜摩擦係數與滑動摩擦係數分別為多少？



例題3-5

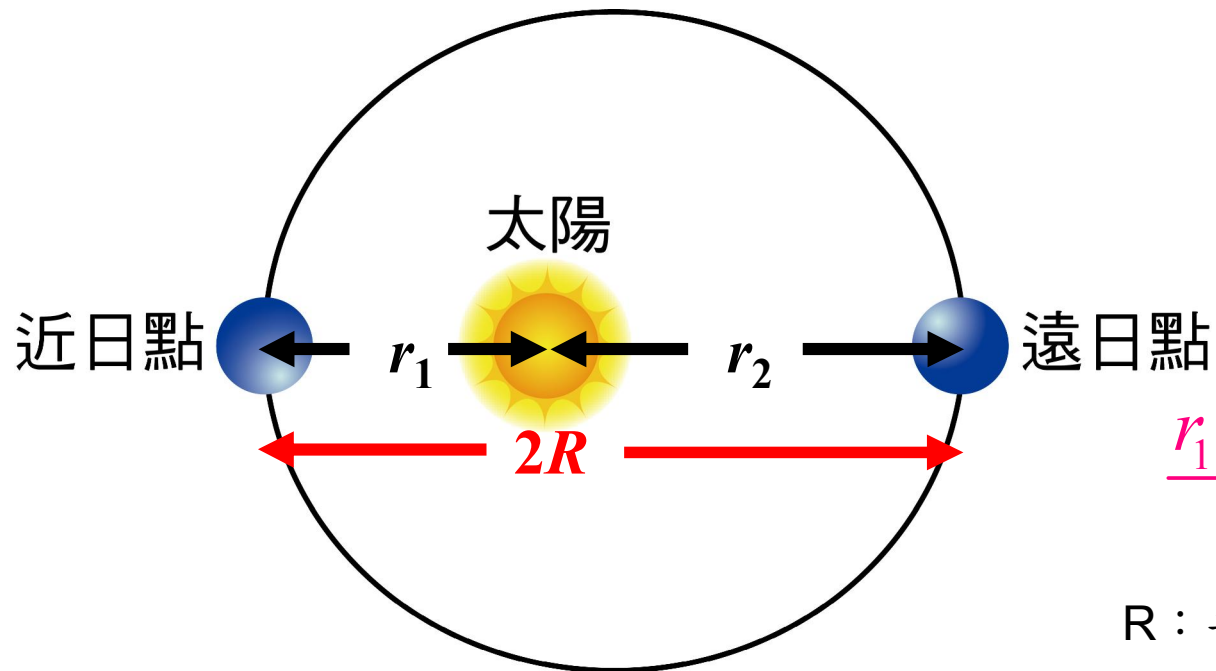
有一遵循虎克定律且粗細均勻的彈簧，其彈力常數為250牛頓 / 公尺。當施以35牛頓的拉力時，彈簧的全長為34公分。今施一未知力，其全長變為38公分，則彈簧原長為幾公分，且未知力大小為多少牛頓？

3-3 克卜勒行星運動定律



第一定律

- 太陽系所有行星繞日運動的軌道為橢圓形，太陽位在其中一個焦點上。



$$\frac{r_1 + r_2}{2} = R$$

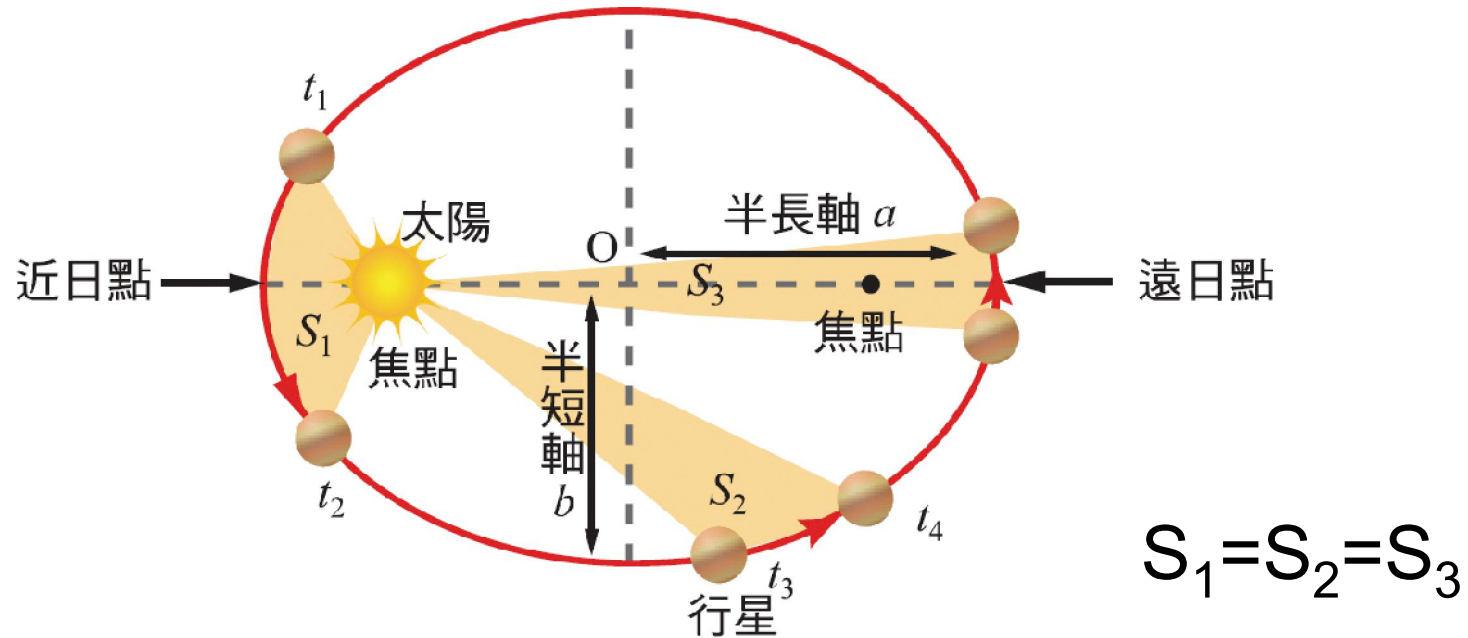
R：平均軌道半徑

地球：1 A.U.

- 適用範圍：所有星球運動。

第二定律

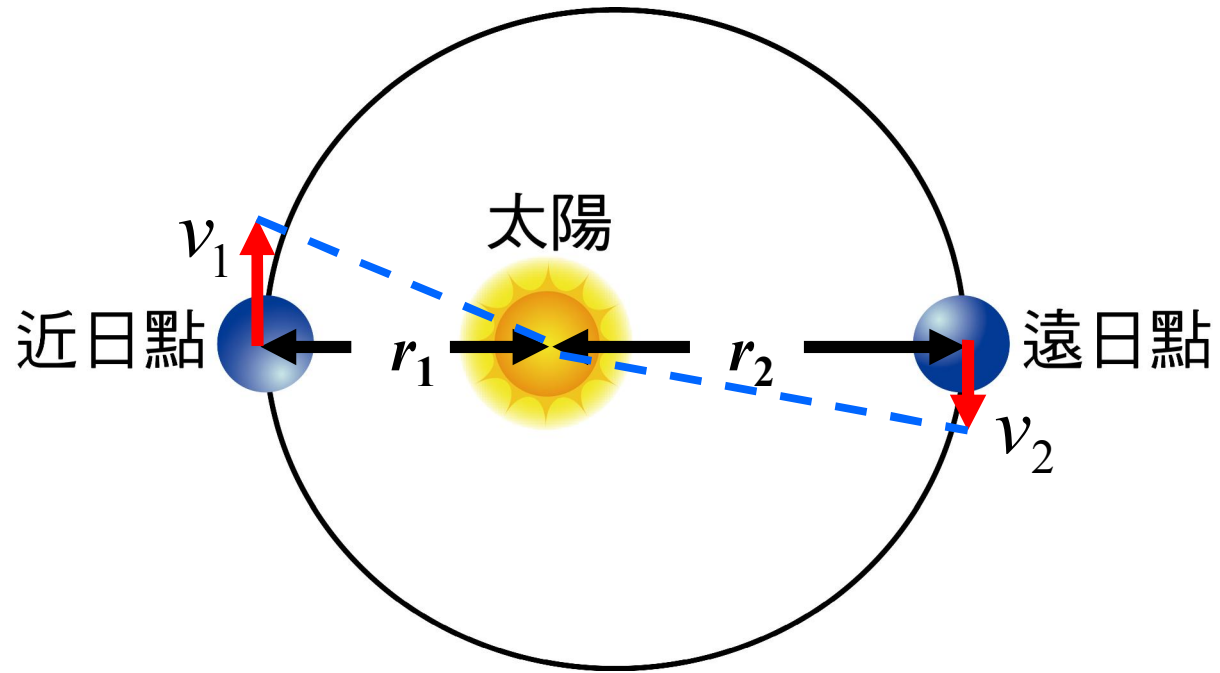
- 行星與太陽的連線於相同時間內，掃過相同的面積。



http://highered.mcgraw-hill.com/sites/dl/free/0072482621/78778/Kepler_Nav.swf

- 適用範圍：僅適用於單一星球的運動軌道。

近日點、遠日點的速率關係

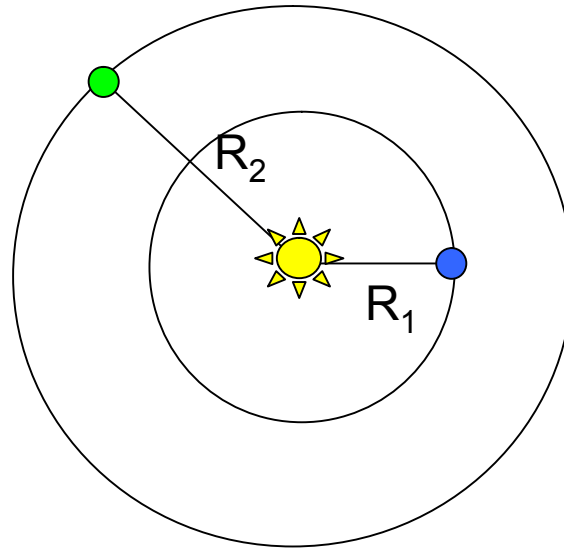


$$\frac{1}{2} r_1 v_1 \Delta t = \frac{1}{2} r_2 v_2 \Delta t$$

第三定律

- 太陽系所有行星的平均軌道半徑的三次方與繞日公轉週期的平方之比值為定值。

$$\frac{R_1^3}{T_1^2} = \frac{R_2^3}{T_2^2}$$



- 適用範圍：繞同一中心星球運轉的所有星體。

例題 3-6

已知某彗星繞日運動的週期為64年，求此彗星的平均軌道半徑為多少A. U.？

地球週期1yr，平均軌道半徑1A. U.

$$\frac{1^3}{1^2} = \frac{R^3}{64^2} \Rightarrow R = 16$$

太陽系九大行星比較

	公轉週期 T (y)	平均軌道半徑 R (A.U.)	$\frac{\text{半長軸 } a}{\text{半短軸 } b}$	$\frac{R^3}{T^2} ((\text{A.U.})^3/\text{y}^2)$
水星	0.2409	0.3871	1.02183	0.9995
金星	0.6152	0.7233	1.00002	0.9998
地球	1.0000	1.0000	1.00014	1.0000
火星	1.8809	1.5237	1.00439	0.9999
木星	11.862	5.2026	1.00118	1.0008
土星	29.458	9.5549	1.00154	1.0052
天王星	84.022	19.2184	1.00107	1.0054
海王星	164.774	30.1104	1.00004	1.0054
冥王星	247.796	39.5404	1.03252	1.0068

地球繞日運動的平均軌道半徑為1A. U.