

擺鐘原理

導師：Terry Lam

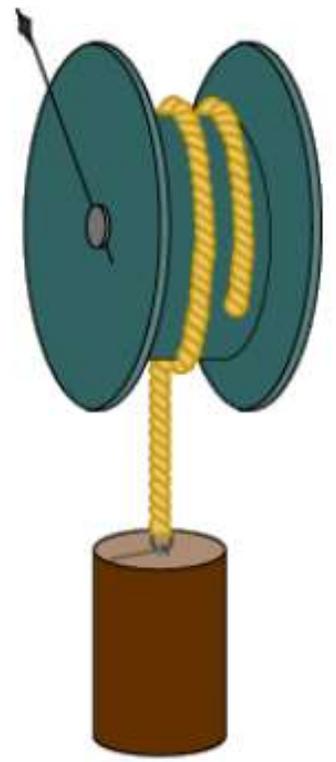
擺鐘原理

- ▶ 大多數擺鐘，擺錘每秒鐘擺動一次，有的則每秒擺動兩次。大座鐘的鐘錘每兩秒鐘擺動一次。那麼，這些部件如何協作以保持時鐘運行和時間準確呢？



鐘錘作用

- ▶ 鐘錘是作為一個能量存儲裝置，當時鐘的發條上緊時，可拉緊繩索提起鐘錘。因地球重力的作用下賦予鐘錘勢能，鐘錘下落時的勢能驅動機構進行運轉。因此它可以讓擺鐘在沒有外部能量輸入的情況下運行相對較長的時間。
- ▶ 試想想利用下落的鐘錘設計一個最簡單的時鐘，只有秒針的時鐘。將鐘錘細繩連接到滾筒，然後將秒針也連接到滾筒上，這樣可行嗎？
 - ▶ 若沒有摩擦力滾筒高速轉動，直到鐘錘落到地板上。
 - ▶ 你可能想到在滾筒上放置某種摩擦裝置，且根據使秒針每分鐘旋轉一周的摩擦力來設計的某種方案。
 - ▶ 但隨著空氣溫度和濕度的變化，裝置的摩擦力會有改變



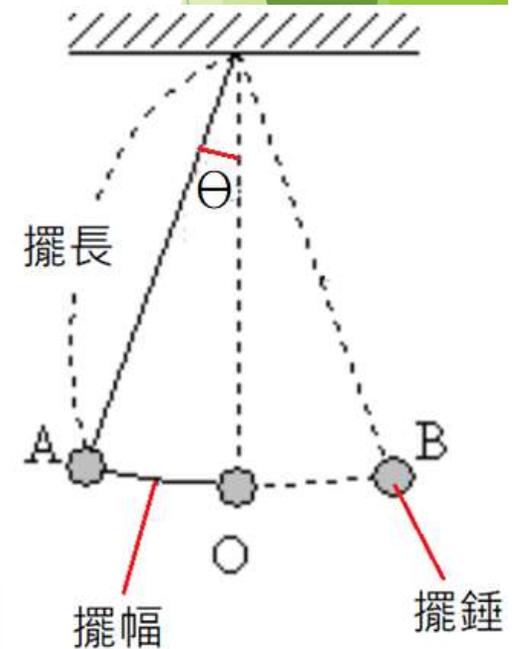
擺的週期

- ▶ 伽利略發現擺的週期(即往返一次的時間)，與擺錘的重量無關。
- ▶ 如果繩子的長度(擺長)一樣，只是改變擺錘的重量，擺的週期不變。實驗還表明了，擺的週期與擺錘的體積、形狀也沒有關係。
- ▶ 擺錘重量相同，擺錘的繩子越長，擺的週期也越長；相反，擺錘的繩子越短，擺的週期也越短。歸根結底，**擺動一次所需的時間，僅僅取決於擺繩的長度！這就是著名的擺的週期定律。**
- ▶ 克里斯琴·惠更斯發現擺錘的週期只跟擺長和重力有關。由於地球上任何特定點的重力都是恆定的，所以影響鐘擺運動周期的只有鐘擺的長度有關。

- ▶ 公式：

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

- ▶ l 為單擺的長度， g 為重力加速度
- ▶ θ 擺角

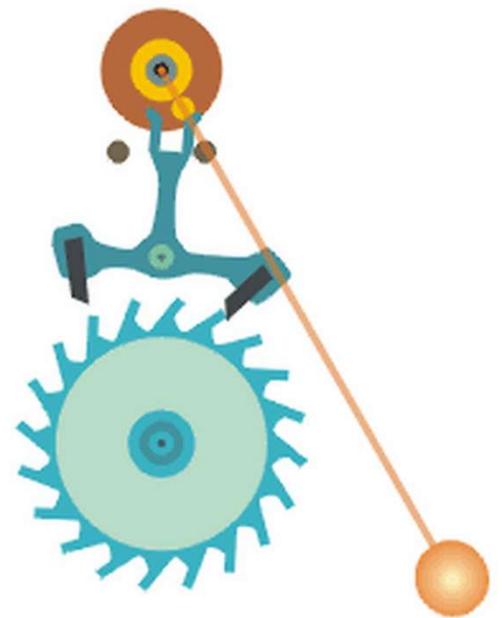


克服擺的累積誤差

- ▶ 伽利略和惠更斯的發現都是正確的。但隨著擺動的來回次數增加，擺幅會漸漸減少，主要原因是空氣摩擦力
- ▶ 擺錘的重量、體積和形狀亦跟空氣摩擦力有關
- ▶ 採取了的以下方法提升擺鐘精確度：
 - ▶ 擺錘通常是光滑扁平的，有利減少與空氣的摩擦
 - ▶ 擺錘為金屬材質且有一定重量，使其慣性較大
 - ▶ 兩個相同的擺，只是重量不同，輕的會較快停下
 - ▶ 連接擺錘的不是繩子而是金屬材質，以固定擺的軌跡
 - ▶ 設計師根據擺錘重量及擺長，控制初置擺角
 - ▶ 獨特的擒縱裝置有助補償動力流失

擺鐘的核心技術：擒縱裝置

- ▶ 擒縱裝置：由棘輪和棘爪組成
 - ▶ 棘輪裝置中有一個輪齒帶有特定形狀的齒輪。還有一個鐘擺，連接鐘擺的是可以嚙合齒輪輪齒的某種裝置。圖中展示的基本觀點是，鐘擺來回擺動一次，齒輪就會有一個輪齒“逃脫”。
- ▶ 鐘擺向左擺動並通過右圖中所示的中心位置，那麼當鐘擺繼續向左擺動時，連接鐘擺的左側制動部件便會將釋放一個輪齒。然後，齒輪會前進半個輪齒的寬度並撞到右側制動部件。向前運動並撞上制動部件的過程中，齒輪會發出聲響.....最常見的是「滴嗒」或「嗚聲」。

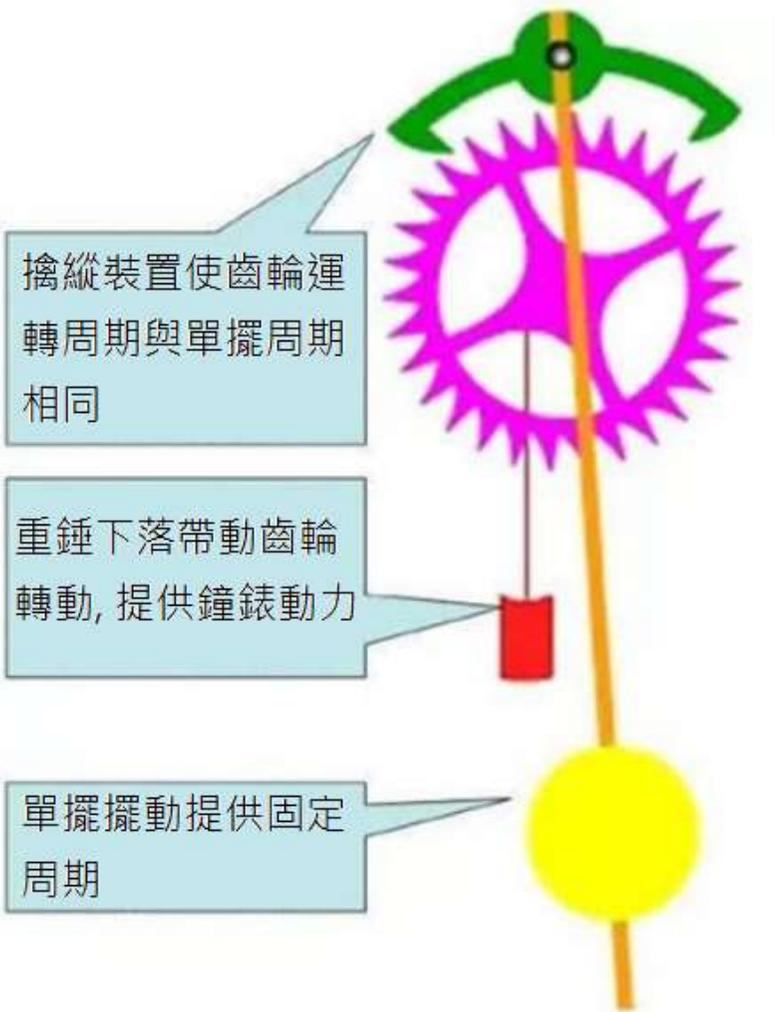


怎樣把鐘錘和鐘擺結合起來呢？

- ▶ 該齒輪直接連接到上面討論的鐘錘滾筒，且使用周期為一秒的鐘擺，您就會成功設計秒針旋轉速度為每分鐘一周的時鐘。如果非常小心地調整鐘擺長度，我們可以設計出精確度非常高的時鐘。



利用齒輪的傳動比。這樣就可得到一個完整時間的擺鐘



擒縱裝置使齒輪運轉周期與單擺周期相同

重錘下落帶動齒輪轉動, 提供鐘錶動力

單擺擺動提供固定周期

慣性

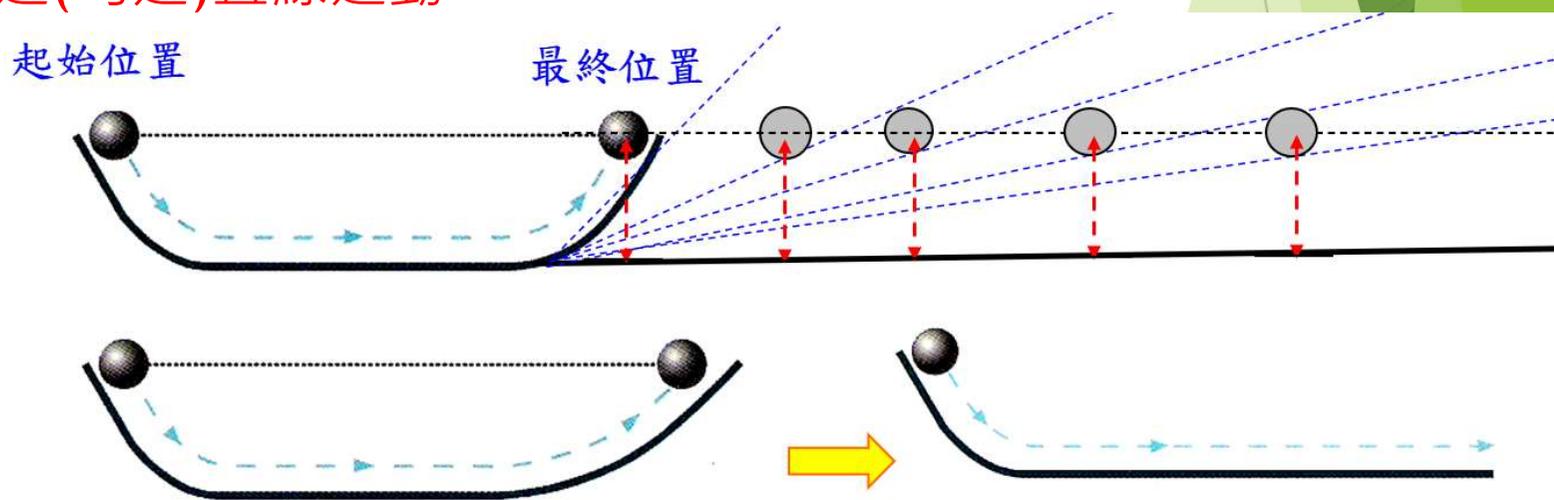
- ▶ 物體保持 **原來運動狀態** 的傾向。
 - ▶ 原來的運動狀態：**靜止、等速(勻速)直線運動**
- ▶ 試舉出生活中慣性的例子：
 - ▶ 汽車開動時，乘客身體保持【靜止】的慣性，便向【後】傾斜。
 - ▶ 汽車煞車時，乘客身體保持【運動】的慣性，便向【前】傾斜。
 - ▶ 百米賽跑衝刺到終點，身體保持【運動】的慣性，繼續衝出終點，不能立刻停止。
 - ▶ 洗手後，甩甩手就可將手上的水甩掉。
 - ▶ 抖動衣服，可以抖掉衣服上的灰塵。

有力才能維持一個物體的運動？

- ▶ 何解日常生活中沒找到 **等速(勻速)直線運動** 的慣性例子？
 - ▶ 因為有地心吸力和摩擦力(包括空氣阻力和液體阻力)。
- ▶ 哪麼沿直線以勻速運動 就是不可能的呢？
 - ▶ 如在太空深處(遠離所有星球)，太空船只要開一陣引擎加速度就可以關掉引擎，在沒有外力作用下，太空船會一直以勻速繼續運動。
- ▶ 哪麼科學家是如何推論出 **等速(勻速)直線運動**的慣性傾向？
 - ▶ 伽利略斜面實驗

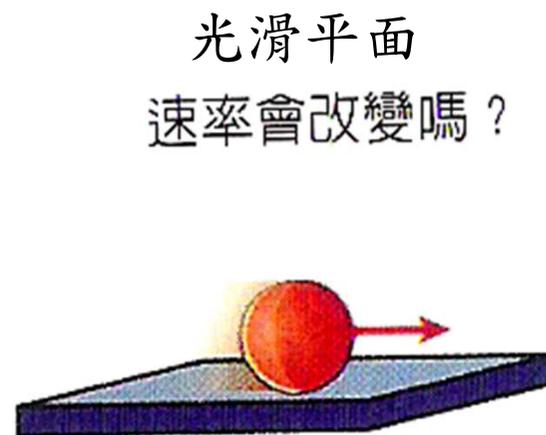
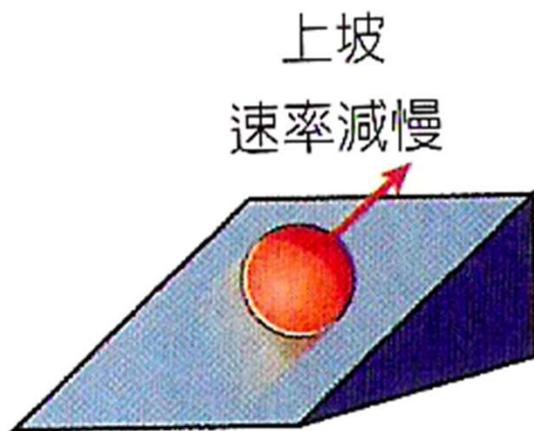
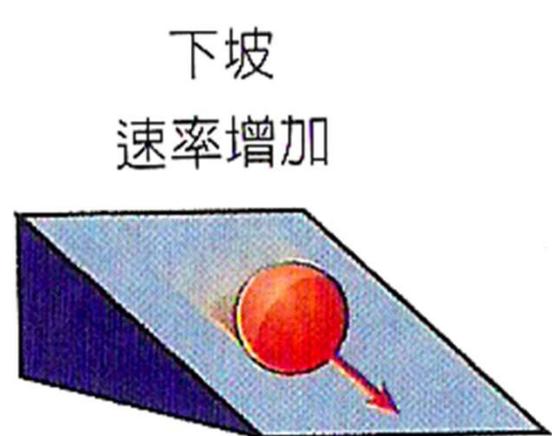
伽利略斜面實驗

- ▶ 伽利略實驗推想：物體自光滑斜面滑下
 - ▶ 球由左下滑，最後達到右邊**相同**的垂直高度。
 - ▶ 把右邊斜面坡度逐漸減小，球達到的垂直高度**相同**。
 - ▶ 經過斜面距離增長。
 - ▶ 推想：若右邊斜面改成一水平面時，小球如何運動？
 - ▶ **沿直線方向不停運動**
 - ▶ **作等速(勻速)直線運動**



伽利略的慣性觀念

- ▶ 生活中，物體不再受力時，會逐漸停止，是因**摩擦力**緣故。
- ▶ 若沒有摩擦力時，物體仍會不斷的運動。
 - ▶ 物體具有維持其原來運動狀態的特性，稱為**慣性**。



—觀念物理

甚麼影響著慣性的大小?

- ▶ 為何推動一輛單車比一輛壞的汽車困難?
- ▶ 一輛汽車和一輛大貨車以相同的速度行駛，突然煞車，假設兩輪車的制動能力及其他外在因素相同，哪輛車的煞車距離較長?
- ▶ 觀察一列地鐵到站時，需要多少時間才停下?
- ▶ 影響物體慣性大小的因素：只與 **質量(kg)** 有關
 - ▶ 與速度或其他無關
- ▶ **質量**是物體慣性大小的唯一量度
- ▶ **質量大，物體的慣性大；質量小，物體的慣性小**

摩擦力

- ▶ 為一種阻礙運動/運動趨向的力
 - ▶ 當兩個物體互相接觸而其中一個“想移動”或者“移動中”時，摩擦力便會產生。
 - ▶ 摩擦力源自物體表面微細的凹凸結構。
 - ▶ 摩擦力與表面平行，方向跟物體運動的方向相反。空氣阻力和液體阻力都可以視為摩擦力的一種。
- ▶ 如把波子放於斜道上，然後放手，會觀察到甚麼？
 - ▶ 波子沿斜道加速滾下，地達地面時，繼續前進但會漸漸減速，至最終停下來。過程中，波子運動的速度出現改變，即合力不為0。(內容涉及牛頓第一及第二運動定律，另見：探索力的原理)
 - ▶ 波子沿斜道加速滾下，因重力加速度；到達地面時，繼續前進但會漸漸減速，則是因摩擦力。

減低摩擦力的方法

- ▶ 主要是減少兩個物體表面的“不平滑”接觸
 - ▶ 使用潤滑劑；
 - ▶ 用“氣墊原理”升高其中一個物體；
 - ▶ 於轉動部份度使用軸承