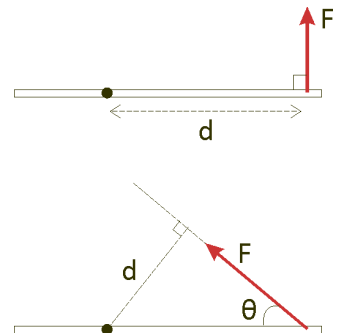


2.6. 力矩 (Moment of a Force)

- ✧ 如果大家有比較過 2010 年嘅會考、A-Level 同中學文憑課程，大家會應該會發覺力矩依個課題係由先 A-Level 嘅課程程度引入嚟嘅。
 - 不過其實喺以往嘅會考嘅課程，力矩都係要考嘅（2004 年仲係有考緊依課）。
- ✧ 既然喺中學文憑課程入面力矩只係一個核心課題，所以應該唔會考得太深。
 - 而大家如果想做 past paper 嘅話，我就覺得可以多留意 2004 年或以往嘅會考題。
- 另一樣想講吓嘅嘢又係 D 用詞：
 - 中文方面，力矩又可以稱為“力矩”或者“轉距”。
 - ◆ 咁係因為力矩同“力與支點嘅距離”有關：而佢會令到物體“轉動”。
 - 英文方面，Moment of a Force 可以稱為“Moment”或者“Torque”。

2.6.1. 定義力矩 (Defining Moment of a Force)

- 力矩的定義：
 - 力矩 = 力 $\times$ 力與支點的垂直距離
 - 通常用符號“ τ ”代表（這是希臘字母 tau，而唔係 T）。
 - 標準單位係 Nm（即力和距離嘅合成單位）。
 - 留意力矩可以令到一件物體以順時鐘或者逆時鐘轉動，所以力矩都係有分正同負嘅。



- 例子：
 - 喺右面第一幅圖度，力矩 = Fd
 - ◆ 我哋會叫依個力矩做“F 作用於支點的力矩”（moment of F about the pivot）
 - 至於喺第二幅圖入面，大家要留意個力已經唔係同支棒垂直。
 - ◆ 力同支點嘅垂直距離就係用“一點與直線”嘅方法嚟定嘅（即圖中的 d）

計算力矩的兩個諗法

- 定義還定義，考試嘅題目通常都唔會咁直接咁俾 D 數字你。
- 好似右面幅圖咁，我哋其實有兩個諗法可以幫我哋計個力矩出嚟：
 - 利用三角比，我哋可以知道支點與，力的垂直距離 d 有以下關係：

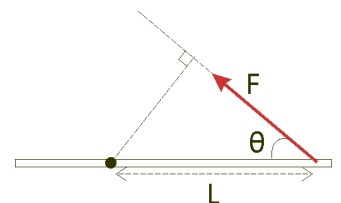
$$\sin \theta = d / L$$

$$\text{即 } d = L \sin \theta$$

$$\text{所以 力 } F \text{ 作用於支點的力矩} = F L \sin \theta$$

- 另一個想法係先將個力作力的分解：
 - ◆ F 垂直於棒的部份 = $F \sin \theta$ ； F 平行於棒的部份 = $F \cos \theta$
 - ◆ 留意“F 平行於棒的部份”會直指個支點，所以佢嘅垂直距離係 0。
 - 所以依部份嘅力係唔會產生力矩嘅！
 - ◆ 所以，力 F 作用於支點的力矩 = (F 垂直於棒的部份) $\times$ L

$$= F L \sin \theta$$



- ✧ 到底邊個方法好 D 就見仁見知。我自己就習慣用力的分解嘅方法。

2.6.2. 討論轉矩和力偶的應用 (Discussing the Uses of Torques and Couples)

- 喺度先講吓咩叫“力偶”。

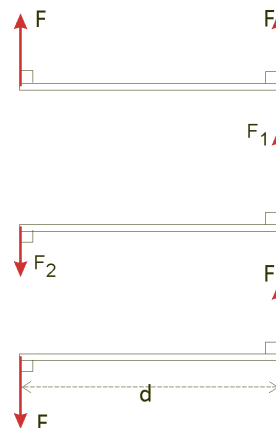
- 力偶係一對有以上性質嘅力：

- ◆ 兩個力嘅方向相反。
 - ◆ 兩個力嘅量值一樣。
 - ◆ 兩個力並唔係喺同一條線上面。

- 根據以上嘅定義，喺右面三幅圖度只有最下面嗰幅圖入面嘅兩個力先係一個“力偶”。

- 另一樣要提嘅就係當一個力偶作用喺一件物體上面嘅時候，

- ◆ 作用於物體上嘅淨力 $= F + (-F) = 0$
 - 因此物體嘅直線運動係冇受到影響嘅。
 - ◆ 作用物體上嘅總力矩不等於零，所以會產生一個轉動效果 (turning effect)
 - 即物體轉動狀態會有所改變。



- 轉矩嘅應用例子有螺絲起子 (即螺絲批, **screwdriver**) 同板手 (即士巴拿, **spanner**)。

- 留意當螺絲批嘅手握越大同士巴拿越長嘅時候，我哋會發覺越易扭動粒螺。

- ◆ 咁係因當力同支點 (即螺絲嘅位置) 嘅距離會大咗嘅時候，所以可以用一個細 D 嘅力就可以產生相同嘅力矩嚟轉動粒螺絲。
 - ◆ 咁係唔係越長嘅士巴拿就越好呢？
 - 咁又未必，雖然你用嘅力喺細咗，不過你就要郁多 D 先可以轉到一個圈。

- 力偶嘅應用就有軚盤。

- 留意力偶嘅應用例子係要用緊一對反方向嘅力嚟轉動個物件嘅。

- 同樣嘅，軚盤大嘅話我哋可以用細力 D 就轉動到個軚。

- ◆ 不過如果你有留意，你會發現跑車嘅軚盤一般都係比較細嘅。
 - 點解？我相信係因為用細軚盤嘅話，雙手郁少少就可以轉動到相同嘅角度，所以架車嘅“反應”會好 D 。

2.6.3. 說出剛體的受力平衡條件並解決有關固定支點的問題 (Stating the Conditions for Equilibrium of Forces acting on a Rigid Body and Solving Problems involving a Fixed Pivot)

- 喺度先講吓咩叫“剛體”同“平衡”。
 - 正如英文嘅用詞，剛體係一個 **rigid** (即係堅硬、不易彎曲) 嘅物體。
 - ◆ 不過我諗大家可以唔駛理 **rigid** 同唔 **rigid** 對受力嘅物體有咩影響。
 - 至於“平衡”一詞就係指物體並冇加速 (包括喺線性運動同旋轉過動)。
 - ◆ 因此作勻速運動嘅物體都係喺一個“平衡”狀態入面。
 - ◆ 話雖如此，我諗喺力矩入面嘅問題度個物體 99.9% 都應該係唔郁嘅。
 - 如果大家有買有一版嘅 “Last Minute Physics (HKDSE)”，你會發覺本書喺依度有用貼紙嚟作出修改。(我諗佢最初都係寫咗“平衡”包括咗“唔郁”)。

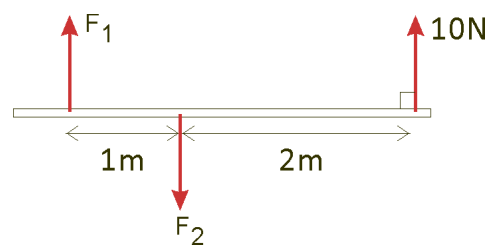
剛體的受力平衡條件

- 當一個物體受到外力作用而又可以處於平衡，喺依個時候：
 - 淨力 = 0
 - ◆ 咁係因為如果淨力唔等於零嘅話，物體就會有一個線性嘅加速度。
 - 淨力矩 = 0
 - ◆ 留意計數嘅時候我哋會用 “順時針力矩的總和 = 逆時針力矩的總和” 依條式。
 - 咁做係有咁易錯同埋易睇 D。
 - ◆ 留意如果總力矩唔等於零嘅話，物體嘅旋轉狀態就會有所改變。

解決有關固定支點的問題

- 喺解決有關固定支點問題嘅時候，我哋多數要用晒 “淨力 = 0” 同 “總力矩 = 0” 兩條式。
 - 留意因為有兩條公式，所以問題好可能兩個未知數要我哋去計。

- 例子：已知右圖中的剛體處於平衡狀態中，求 F_1 和 F_2 。
(註：剛體的重量可忽略。)



- 解說：
 - 有關可以忽略剛體重量依一點後面會詳細 D 講。
 - 考慮 淨力 = 0，
所以 $F_2 = F_1 + 10$
 - 至於淨力矩方面，雖然題目係有任何支點存在，但我哋其實係可以考慮 “於任何一點上嘅淨力矩”。例如我哋當棒上面 F_2 嘅施力點係 A。
考慮 A 點上的力矩， 順時針力矩的總和 = 逆時針力矩的總和
即 $(F_1) \times 1 = 10 \times 2$
 $F_1 = 20\text{N}$
 - 最後代 $F_1 = 20\text{N}$ 入 “ $F_2 = F_1 + 10$ ” 就計到 $F_2 = 30\text{N}$
 - 大家可以試吓用 “考慮對 F_1 嘅施力點的淨力矩” 嘅方法嚟計條數。

2.6.4. 闡釋及以實驗定物體的重心 (Interpreting the Centre of Gravity and Determining it Experimentally)

✧ 先問一條問題睇吓大家嘅物理 common sense 先。

- 有一枝 10kg 嘅鐵棒 (即重量係 98N)。咁到底下面邊幅圖嘅正確咁表達咗個重量？



- 我諗大家都會答喺中間嗰幅。
- ◆ 冇錯。但又點解係咁呢？答案就係同重心有關。

● 物體的重心係指：

- 物體各部分重量的合力的作用點。
- ◆ 好似好煩，不過只是一 part 一 part 咁睇就會易明好多。
- ◆ 我哋先將物體各部份的重量相加而得到一個單一嘅合力 (即物體的總重量)。
- ◆ 科學家證明咗我哋可以想像物體嘅總重量就作用喺佢身上嘅中一點度。
- 依點就係叫重心。

● 對於一個質量均勻又對稱嘅物體嚟講，重心就係喺圖形嘅對稱點。

- 例如圓形嘅重心就係圓心。
- 長方形嘅重心就係對角線嘅相交點。

● 對於質量不均勻或形狀不規則嘅體，我哋可以用實驗嚟定出佢嘅重心所在。

■ 平衡法

- ◆ 我們先把物體放在一條“刀鋒”狀的支架上。然後移動物體直至物體能平衡地停在“刀鋒”上。
- 記下這條“刀鋒”直線的位置。
- 這時重心必定在刀鋒的直線上。(否則物體便會受到非零淨力矩而傾側)。
- ◆ 用另一個方向把物體平衡地放在“刀鋒”上。
- 記下這條“刀鋒”直線的位置。
- ◆ 重心就要在兩條“刀鋒”直線的相交點上。

■ 鉛垂線法

- ◆ 我哋先把一條線繫於物體某一點上然後將物體懸吊於空中。
- 當物體靜止時，物體的重心必定在鉛垂線的伸延線上。否則物體便會受到非零淨力矩而轉動，直到此力矩消失為止。
- ◆ 我哋先把一條線繫於物體另一點上然後再將物體懸吊於空中。
- ◆ 重心就要在兩條“鉛垂線的伸延線”的相交點上。