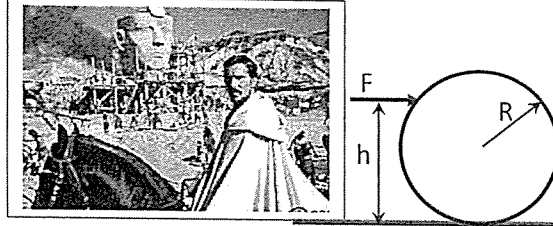


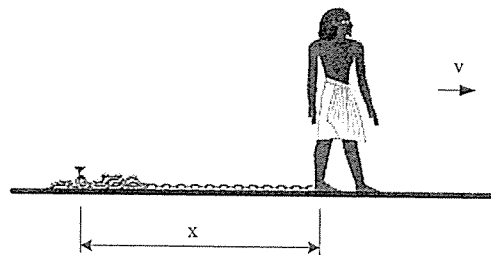
出埃及記-天地王者 (Exodus: Gods and Kings) (照片自網路擷取，電影截圖版權屬於電影公司)

1. (15%) 當以色列人民為奴的時候，被迫修建積貨城。當一人以 F (N) 力，滾動一個半徑為 R (m)、質量為 m (kg) 的均質圓盤型石輪，輪在地面上的磨擦係數為 μ ，若施力點 $h = (5/4)R$ (m)，寫出石輪的運動方程式(equations of motion)，並算出使石輪作純滾動時，出力 F 的最大限制為多少。



2. (16%) 接續第一題，以色列人民在修建積貨城時，假設腳上被銬有鐵鍊以防逃跑。

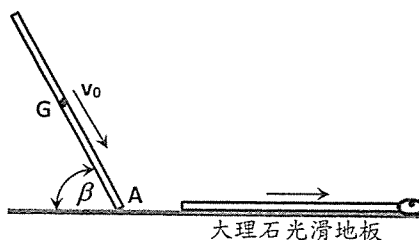
- (a) (10%) 假設鐵鍊的線密度為 ρ (kg/m)，其與地面間之靜摩擦係數和動摩擦係數分別為 μ_s 和 μ_k 。某奴役由靜止開始，規劃以等速 v (m/s) 行走 (暫不考慮行走中雙腳交替步行時腳所相對於身體的速度變化)，行走中所拉動鐵鍊的長度也同步增加。試計算該奴役於行走過程中所需拉動長度 x (m) 鐵鍊的力量 F 。



- (b) (6%) 假設該奴役質量為 m (kg)，其與地面間的摩擦力與鐵鍊與地面間的狀況相同，奴役可依預設等速 v 來行走的距離 d (m) 是否有限制？若有，計算出最大距離；若無，說明原因。

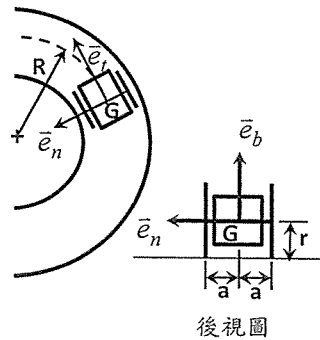
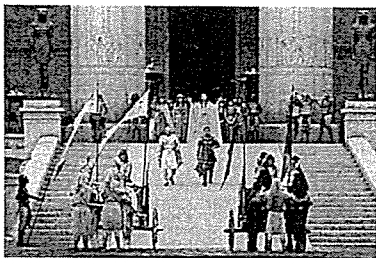
3. (20%) 「摩西和亞倫進去見法老、就照耶和華所吩咐的來做、亞倫把杖丟在法老和臣僕面前、杖就變成蛇。」

- (a) (10%) 當摩西將手中質量為 m 長度為 L 的均質木杖丟向地面時，木杖並沒有轉動，在木杖碰撞到法老王宮的大理石光滑地板前，木杖的質心速度為 v_0 、與地面成 β 角；碰撞過程中，碰撞端 A 的速度沿著水平方向；請問在碰撞後瞬間，木杖的角速度為何？質心的速度為何？
- (b) (10%) 木杖碰撞到地面以後，A 點沿著水平地面滑動，最後木杖躺在地面後就變作蛇。請將木杖變成蛇之前的運動方程式(equations of motion)寫出來。



見背面

4. (15%) 摩西帶以色列人從埃及出來後，法老就後悔了。「法老就預備他的車輛、帶領軍兵同去。並帶著六百輛特選的車、和埃及所有的車、每輛都有車兵長。耶和華使埃及法老王的心剛硬、他就追趕以色列人、因為以色列人是昂然無懼的出埃及。」下圖中的戰車有兩個輪子，戰車與戰車上的戰士總重 m (kg)，重心 G 在整車的幾何中心，車輪半徑為 r (m)，當戰車經過半徑為 R (m) 的彎道時，戰車速度為 v (m/s)。
- (a) (5%) 請用切線、正交、與雙正交座標(tangential, normal and bi-normal coordinates) $\bar{e}_t, \bar{e}_n, \bar{e}_b$ ，寫出質心速度與加速度，以及角速度。
- (b) (5%) 寫出整車運動方程式(equations of motion)及其假設條件(assumptions)。
- (c) (5%) 若地面摩擦力夠大，求戰車翻覆時，車速至少要多快？



後視圖

5. (34%) 在短兵相接的過程中，摩西使用弓箭應戰。假設戰場重力加速度為 g 。
- (a) (8%) 假設箭可簡化為單一質點 m ，試建立弓箭系統之物理模型，並推導「射箭過程」之運動方程式(equations of motion)。
- (b) (6%) 假設物理模型可進一步簡化，使摩西的箭在射箭過程中是被弓弦以等減速運動推進射出。在滿弓剛放手時，箭之初始加速度為 a (m/s²)，放箭過程中箭被推進距離為 d (mm)，試計算箭離開弓時之速度 v_1 (m/s)。
- (c) (6%) 摩西為挫埃及部隊銳氣，出箭並希望箭能以仰角 45° 射中高度 y (m) 的法老雕像頭上蛇形圖騰 (Uraeus)。假設箭飛行時不受空氣阻力影響，此任務是否有可能達成？若有可能，分析所需條件與計算摩西射箭時所需之仰角 α (rad) 與水平距離 x_1 (m)。若不可能，量化分析原因。
- (d) (6%) 假設箭能以仰角 45° 射中質量為 m_s 之蛇形圖騰，兩者並結合為一體。假設蛇形圖騰和法老雕像頭部之間僅以重力支撐，無接合力及摩擦力，試計算箭和蛇形圖騰之合體飛離法老雕像頭部時之速度 v_2 (m/s)。
- (e) (8%) 假設合體落下時除重力外，也會受到和速度成正比之空氣阻力所影響 (等效係數 c)，試計算合體落地時離法老雕像之距離 x_2 (m)。

