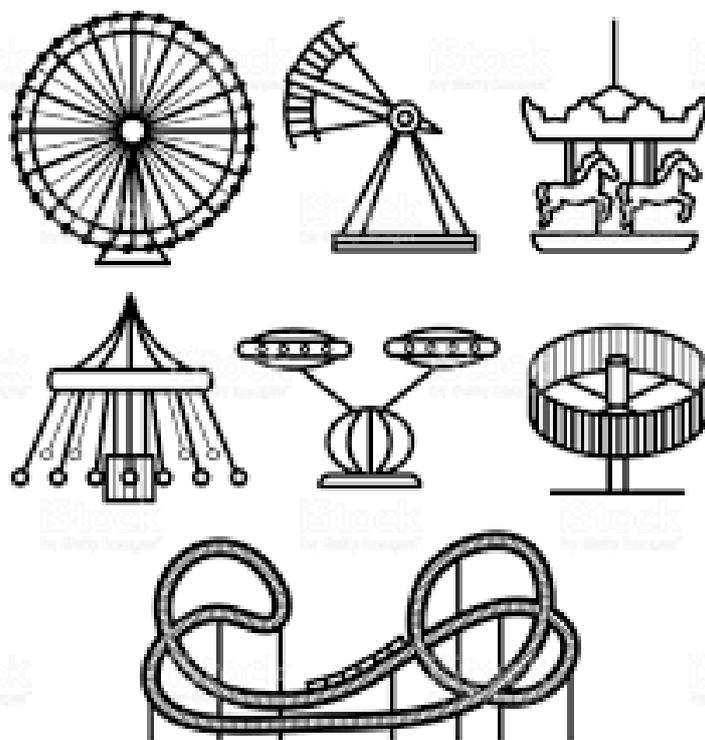


2017/2018 學年
教學設計獎勵計劃

從生活到物理----勻速圓周運動



C151

高一物理

簡介

在高一物理課程中，曲線運動部分，學生會感到較難，特別是圓周運動這一單元，當中一些新的物理量，如：角速度、線速度、向心加速度等，學生學習這些新的物理量過程中會感到很陌生和難接受。本教案會先以翻轉課堂的方式、聯繫生活、老師引導歸納概念，再循循善誘、由淺入深，讓學生體會由定性分析到定量計算的過程。

教學內容方面，讓學生了解線速度、角速度和向心加速度的物理意義，物體能作圓周運動的條件，深入了解向心力的物理意義，學會計算向心力。能夠利用物理知識解決生活中有關水平面的圓周運動和豎直平面的圓周運動的實際問題。

本教案以學生為主，過程中較多使用提問、反問和討論的方式，加強學生對概念的認識和理解。提問有關生活現象可以激發學生思考，培養發散性思維。由生活引入，再進入課堂教學，最後回到生活，解決生活問題。讓學生體會物理與生活是息息相關的，明白學習物理的意義，提高學習興趣和增強自信心，培養解決問題的能力。

向心加速度公式推導和學生進行的驗證實驗可加強邏輯性的培養。分組實驗有助培養學生協作精神和解難能力。課後練習題目中，需要學生回家思考、閱讀參考課外書，增加學生縱向思考的機會。

目次

簡介	1
目次	2
試教進度	3
壹、教學計劃內容簡介	4
一、設計動機	4
二、教學內容簡介	4
三、課題與高中自然科學基本學力要求對應情況	7
貳、教案	
第一課時 描述圓周運動的物理量	8
第二課時 向心加速度	12
第三課時 生活中線速度、角速度和向心加速度的例子 和計算	15
第四課時 向心力	18
第五課時 向心力實驗	23
第六課時 生活中的向心力	25
第七課時 豎直平面的圓周運動	29
第八課時 生活中豎直平面的圓周運動的應用	33
參、試教評估	37
肆、反思與建議	38
伍、參考文獻	39
附錄	
試教相片	39
課後練習紙	41
實驗報告	43

試教進度

課時	課題	教學目標	預算施教時間
第一課時	描述圓周運動的物理量	1. 線速度 2. 角速度	2018年1月31日
第二課時	向心加速度	1. 向心加速度的物理意義 2. 向心加速度公式推導	2018年2月1日
第三課時	生活中線速度、角速度和向心加速度的例子和計算	1. 通過對生活例子的分析，進行概念加固 2. 學會使用相關公式進行計算	2018年2月1日
第四課時	向心力	1. 產生勻速圓周運動的條件 2. 向心力公式的推導 3. 向心力是以效果命名，明白向心力的物理意義	2018年2月6日
第五課時	向心力實驗	1. 驗證向心力公式	2018年2月7日
第六課時	生活中的向心力	1. 分析生活中的向心力 2. 學會有關向心力的定量計算 3. 學會用物理方法解決生活中的問題	2018年2月8日
第七課時	豎直平面的圓周運動	1. 明白圓周運動中，質點在最高點和最低點受力的差異性 2. 臨界速度的計算	2018年2月8日
第八課時	生活中豎直平面的圓周運動的應用	1. 認識生活中豎直平面的圓周運動 2. 學會用物理方法解決生活中的問題	2018年2月13日

壹、教學計劃內容簡介

一. 設計動機：

生活中的圓周運動無處不在，但往往學生對曲線運動，特別是圓周運動都會感到困惑，認為解決圓周運動的問題是一件很複雜的事，產生一種害怕的感覺，遇到相關現象，會逃避、不願意思考，無法利用已學的物理知識，解決生活中的實際問題。本教案以生活實例為背景，由淺入深，讓學生了解線速度、角速度和向心加速度的物理意義，讓學生感受物理是無處不在的，與我們生活有密切關係，在先解除學生困惑的前題下，再循循善誘，教授向心力的計算，解決更深入的問題。

此外，現今社會中，需要培養學生的協作能力，個人、團體之間的交流與合作是十分重要的。為了使學生能進行交流與合作，實驗期間，學生進行了分組，而且要求組內成員合作組裝實驗裝置、記錄數據、分析和討論等。給予學生全面學習和思考，培養學生的合作意識和團隊精神。更能通過實驗，培養學生以批判性思維驗證科學理論並培養動手能力。

二、教學內容簡介

1. 教學目標

1-1 知識目標

- 1-1-1 線速度、角速度和向心加速度的物理意義。
- 1-1-2 學會描述圓周運動的快慢和計算。
- 1-1-3 了解產生勻速圓周運動的條件。
- 1-1-4 明白向心力的物理意義。
- 1-1-5 學會有關向心力的定量計算。
- 1-1-6 學會用物理方法解決生活中圓周運動的問題。

1-2 技能目標

- 1-2-1 利用簡單材料實現圓周運動。
- 1-2-2 測量向心力。
- 1-2-3 學會減少實驗誤差的方法。

1-3. 情感態度目標

- 1-3-1 通過生活例子的引入，提升學習物理的興趣。
- 1-3-2 鼓勵學生發現生活中的圓周運動的例子，激活思考。
- 1-3-3 養成嚴謹的科學實驗態度和精神。
- 1-3-4 定量計算解決生活中圓周運動的問題，增強學生的自信心。

2. 主要內容：

- 描述圓周運動的物理量
- 向心加速度
- 生活中線速度、角速度和向心加速度的例子和計算
- 向心力
- 向心力實驗
- 生活中的向心力
- 豎直平面的圓周運動
- 生活中豎直平面的圓周運動的應用

3. 設計創意和特色：

- 教學題材生活化，化難為簡。
- 重視知識結構邏輯性，引導學生歸納，消除對圓周運動常見的錯誤觀
- 培養學生以批判性思維驗證科學理論，加深對向心力的理解。
- 對生活現象進行量化計算，增加縱向思考機會。
- 解決生活的問題，活學活用。

4. 教學重點：

- 能夠聯繫生活，解決生活的問題，對生活現象進行量化計算和分析。
- 明日向心力和向心加速度的物理意義。
- 能夠驗證向心力公式。

5. 教學難點：

- 向心力的理解和應用。
- 汽車的轉彎問題。
- 豎直平面的圓周運動

6. 教學用具：

- 實驗儀器：飲管、橡皮膠、重物、電子天平、繩子。
- 補充練習紙、實驗報告。
- 多媒體課件：ppt、短片。

7. 教學課時：

共 8 課時、每課時 40 分鐘。

8. 教學對象：

高一理組學生

9. 教科書：

Discovering Physics (Manhattan)

三、課題與高中自然科學基本學力要求對應情況

課題中與高中自然科學基本學力要求對應的教學內容

課題	課題中與基本學力要求對應的教學內容	基本學力要求指標
第一課時 描述圓周運動的 物理量	透過翻轉課堂，安排學生於上課前利用互聯網、書本等搜集有關生活中的圓周運動，嘗試利用相關物理量描述圓周運動，從而達到指標 A-6。	A-6 通過圖書館、互聯網、多媒體資源庫等不同途徑搜尋所需科學資訊，並初步學會對這些資訊進行分類與概括。
第二課時 向心加速度	透過反思向心加速度的意義、向心加速度公式的推導過程，從而達到指標 A-4。	A-4 初步學會利用事實、經驗或科學理論進行邏輯推理及作出假設。
第四課時 向心力	透過思考產生勻速圓周運動的條件，當中涉及利用牛頓第一運動定律解釋向心力的物理意義，從而達到指標 B-7。	B-7 瞭解伽利略和牛頓對科學的貢獻及其實驗方法在科學發展中的重要性。
第五課時 向心力實驗	透過實驗驗證向心力公式，從而達到指標 A-2。	A-2 理解以批判性思維處理證據的重要性，包括證據在支持、修正或反駁所提出科學理論中的重要作用。
第六課時 生活中的向心力	透過觀察、思考和分析生活中的圓周運動問題，從而達到指標 A-1。	A-1 理解探究是自然科學的本質屬性，也是人的一種生存方式和生活態度。
第八課時 生活中豎直平面的圓周運動的應用	透過以定量計算生活中的圓周運動，從而達到指標 A-4。	A-4 初步學會利用事實、經驗或科學理論進行邏輯推理及作出假設。

貳、教案

第一課時 描述圓周運動的物理量

教案

【教學目標】

1. 聯繫生活，認識生活中的圓周運動。
2. 理解何謂勻速圓周運動。
3. 學會利用相關物理量描述圓周運動的快慢。
4. 理解週期、頻率、角速度和線速度單位的物理意義。
5. 知道勻速圓周運動的過程中，速度方向時刻在變。

【教學重點】

1. 生活與課堂中圓周運動的聯繫。
2. 週期、頻率、角速度和線速度的理解。

【教學難點】

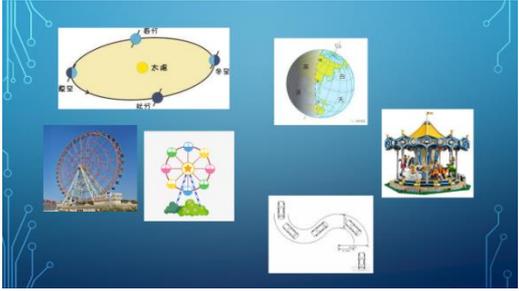
1. 角速度的理解。
2. 角速度和線速度的關係。

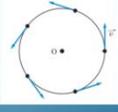
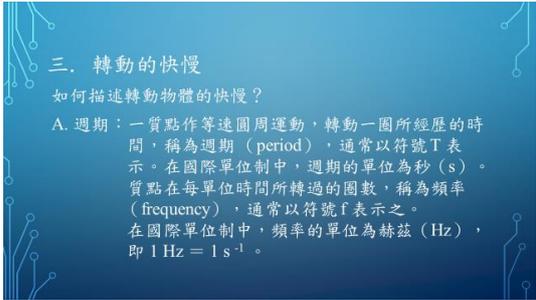
【課時安排】

40 分鐘

【教學過程】

教學內容	教學活動		備註 / 目標評核
	老師教學活動	學生活動	
(一) 翻轉課堂	1. 老師於課前給予學生提出以下問題，讓學生通過網上資料搜集、書本等方式，尋找一些生活中的圓周運動： (1) 生活中的圓周運動，無處不在，你能給我介紹一些嗎？ (2) 時鐘上的時針和分針的運動，有什麼運動特點？ (3) 你能利用簡單的文具，給我演一下圓周運動是怎樣的嗎？	透過翻轉課堂，安排學生於上課前利用互聯網、書本等搜集有關生活中的圓周運動，嘗試利用相關物理量描述圓周運動。	培養學生利用各種媒體，搜尋所需科學資訊，並進行分類與概括。
(二) 提問	1. 老師提問：你能舉出一些圓周運動的例子嗎？ 學生根據課前的資料搜集，回答各種不同的答案	回答各種不同的答案	1. 給予學生解說的機會，培養表達

	<p>2. 老師利用 PPT 展示生活中不同的圓周運動資料。</p> <p>PPT 如下所示：</p>  		<p>能力，激發學生思考、討論，增添課堂氣氛。</p> <p>2. 利用幾張生活中的照片，協助學生歸納和分類自己課前所搜集的資料。</p>
<p>(三) 勻速圓周運動的定義</p>	<p>1. 老師利用 PPT 帶出勻速圓周運動的定義：質點沿圓周運動，若在相等時間內通過的弧長相等，這種運動叫勻速圓周運動（uniform circular motion）。</p> <p>2. 思考：真的等速嗎？速度真的不變？</p> <p>3. 老師解釋並總結以下重點：</p> <p>勻速圓周運動指勻速率圓周運動</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 質點在圓周運動過程中，質點的速度皆沿着圓周的切線方向，量值保持不變。 ● 勻速圓周運動的速度大小不變，但速度方向時刻在變。 <p>PPT 如下所示：</p>	<p>1. 學生抄寫筆記。</p> <p>2. 學生思考勻速圓周運動中的“勻速”的意義。</p>	<p>大部分學生會忽略理解勻速圓周運動指勻速率圓周運動，這一點學生必須理解，否則將會對理解向心加速度感到困難。</p>

	<p>二. 等速圓周運動</p> <p>遊樂場裡的摩天輪轉動時，掛在摩天輪上的座艙隨之作圓周運動（如圖）。若物體沿著圓周轉動時，維持固定速率，則稱為等速圓周運動（uniform circular motion）。</p>  <p>勻速圓周運動： 質點沿圓周運動，若在相等時間內通過的弧長相等，這種運動叫勻速圓周運動。</p>   <p>思考：真的等速嗎？速度真的不變？</p> <p>注意：速度時刻在變！ 勻速圓周運動指勻速率圓周運動</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 質點在圓周運動過程中，質點的速度皆沿着圓周的切線方向，量值保持不變。 ● 勻速圓周運動的速度大小不變，但速度方向時刻在變。 		
<p>(四) 介紹描述圓周運動快慢的物理量</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 老師解釋週期、頻率、角速度和線速度的定義、單位和物理意義。 2. 老師讓學生思考時針與分針的角速度 ω，並思考在什麼情況下的角速度 ω 相等？ 3. 加強學生對線速度的理解 <p>PPT 如下所示：</p>  <p>三. 轉動的快慢</p> <p>如何描述轉動物體的快慢？</p> <p>A. 週期：一質點作等速圓周運動，轉動一圈所經歷的時間，稱為週期（period），通常以符號 T 表示。在國際單位制中，週期的單位為秒（s）。質點在每單位時間所轉過的圈數，稱為頻率（frequency），通常以符號 f 表示之。在國際單位制中，頻率的單位為赫茲（Hz），即 $1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$。</p>	<p>思考、討論並回答問題，總結並抄寫筆記</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 思考可加強對概念的認識，鞏固知識的重點。 2. 學生需了解角速度和線速度的差異。 3. 學生必須理解線速度的方向。

週期 T 和頻率 f 之間的關係為

$$f = \frac{1}{T}$$

上式表示，若質點轉動的週期較短，則頻率較高，質點轉動也較快。因此質點作等速圓周運動的快慢，可以由質點轉動的頻率或週期來描述。

例如：秒針的週期是 60 s
時針的週期是 12 小時即 43200 s

B. 角速度

角速度 (angular velocity)，定義為每單位時間質點對圓心所轉的角度，以符號 ω 表示。在國際單位制中，角度以弧度為單位，角速度單位為弧度/秒 (rad/s) 註。若在等速圓周運動的情形下，則 ω 為一定值，即 $\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \text{定值}$ ， $\Delta\theta$ 為在時間 Δt 內所轉的角度。



角位移： $\Delta\theta$ (單位為弧度：rad)

角速度：(1) 平均角速度： $\bar{\omega} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$
(2) 瞬時角速度： $\omega = \frac{d\theta}{dt}$

- 等角速度運動：角速度始終保持不變，故 $\bar{\omega} = \omega$
- 等速率圓周運動為等角速度運動，故

$$\bar{\omega} = \omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$



思考：時針與分針的角速度 ω 相等嗎？
誰與誰的角速度 ω 相等？

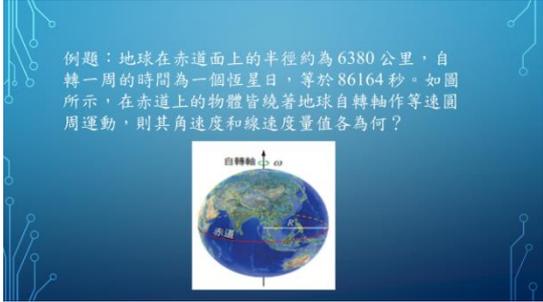
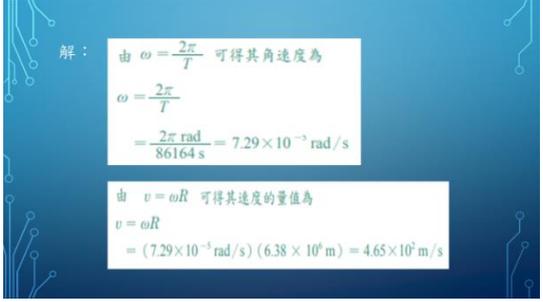


C. 速率

一質點在半徑為 R 的圓周上以等速率 v 運動，其繞圓心轉動一周的路徑長為 $2\pi R$ ，所經歷的時間為 T ，可得速率 v 如下

$$v = \frac{2\pi R}{T}$$

可得： $v = \omega R$

			
<p>(五) 簡單運算</p>	<p>1. 生活中例子的簡單運算： 例題：地球在赤道面上的半徑約為 6380 公里，自轉一周的時間為一個恆星日，等於 86164 秒。如圖所示，在赤道上的物體皆繞著地球自轉軸作等速圓周運動，則其角速度和線速度量值各為何？</p> <p>PPT 如下所示：</p>  	<p>老師讓學生自行完成 PPT 中的簡單運算。</p>	<p>培養學生通過生活例子，總結出物理規律。</p>

第二課時 向心加速度

教案

【教學目標】

1. 理解和掌握向心加速度的概念和方向。
2. 理解向心加速度反映線速度方向的變化。

3. 向心加速度公式推導

【教學重點】

1. 向心加速度的概念。
2. 向心加速度公式。

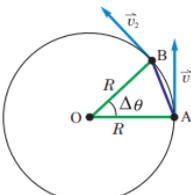
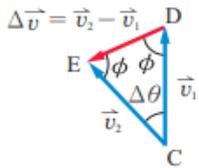
【教學難點】

1. 向心加速度公式的推導過程。
2. 向心加速度反映線速度方向的變化。

【課時安排】

40 分鐘

【教學過程】

教學內容	教學活動		備註 / 目標評核
	老師教學活動	學生活動	
(一) 提問	<ol style="list-style-type: none"> 1. 提問：既然是勻速圓周運動，為何會有加速度的存在？ 2. 老師解釋：質點作等速圓周運動時，其速度量值雖然保持不變，但其速度的方向始終沿著圓周的切線方向。因為速度方向隨時間改變，因此等速圓周運動實際上為一變速度運動。既然質點的速度隨時間而變動，則質點在運動過程中具有加速度。 	1. 學生思考並回答	學生必須理解向心加速度反映線速度方向的變化。
(二) 向心加速度公式推導	<ol style="list-style-type: none"> 1. 通過向量的圖解法表示速度是向量，在勻速圓周運動的過程中，其方向不斷改變。  <p style="text-align: center;">(a)</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. 根據向量的平移，利用圖解法作出線速度之差的三角形。  <p style="text-align: center;">(b)</p>	思考、總結並抄寫筆記。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 通過圖解和運算，推出向心加速度公式，過程中，增強學生對向心加速度的理解。 2. 培養學生邏輯推理的能力。

3. 根據加速度的定義，加速度的方向與速度差之方向同向，由此推出勻速圓周運動的加速度方向指圓心。

4. 根據加速度的定義：

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{|\Delta \vec{v}|}{\Delta t}$$

推出公式：

$$a = \omega v$$

5. 再由

$$v = \omega R$$

，可以把

向心加速度表示成以下兩形式：

$$a = \omega^2 R = \frac{v^2}{R}$$

PPT 如下所示：

如圖所示，若質點以等速率 v 由 A 點運動至 B 點，對圓心轉過的角度為 $\Delta\theta$ ，所經歷的時間為 Δt ，其速度則由 \vec{v}_1 變化為 \vec{v}_2 ，將圖 (a) 中的 \vec{v}_2 由 B 點平移至 A 點，利用向量的減法，可求得速度變化量 $\Delta\vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$ ，如圖 (b) 所示，根據運動學，若時間 Δt 極短時，則可求得瞬時加速度 $\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$ 。

由於 $|\vec{v}_1| = |\vec{v}_2| = v$ ，所以圖 (b) 中的三角形 CDE 為等腰三角形，其底角 $\phi = 90^\circ - \frac{\Delta\theta}{2}$ ，若 Δt 趨近於零，則 $\Delta\theta$ 趨近於零， ϕ 趨近於 90° ，則 $\Delta\vec{v}$ 趨近垂直於 \vec{v}_1 與 \vec{v}_2 ，由於 \vec{v}_1 與 \vec{v}_2 是沿著圓周的切線方向，所以 $\Delta\vec{v}$ 方向是沿著半徑指向圓心，因為 $\Delta\vec{v}$ 與 \vec{a} 的方向相同，所以質點作等速率圓運動時，其加速度的方向恆指向圓心，稱為向心加速度 (centripetal acceleration)。

所以向心加速度的量值 a 為

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{|\Delta\vec{v}|}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\phi |\vec{v}|}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\phi}{\Delta t} v$$

但由於 $\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$ 的意義是質點於每單位時間中所轉的角度，而這即是該瞬時角速度 ω 的定義，因此 $a = \omega v$

再由 $v = \omega R$ ，可以把向心加速度表示成以下兩形式：

$$a = \omega^2 R = \frac{v^2}{R}$$

綜合以上的討論，一質點作等速率圓運動時，在不同位置的速度 \vec{v} 和加速度 \vec{a} 的方向如圖所示，速度 \vec{v} 皆沿著圓周的切線方向，加速度 \vec{a} 的方向皆沿著半徑指向圓心 O。在這裡要特別注意的是，向心加速度只改變速度的方向，而不改變速度的量值。

第三課時 生活中線速度、角速度和向心加速度的例子和計算

教案

【教學目標】

1. 通過對生活例子的分析，進行概念加固。
2. 學會使用相關公式進行計算。
3. 培養對知識的應用能力，解決生活的問題。

【教學重點】

1. 線速度和角速度間的關係。
2. 角速度的單位換算。
3. 理解同一唱片上各質點的角速度相同，但線速度大小未必相等。
4. 理解單車鏈上各齒輪間的轉動關係。
5. 理解並能計算出人站在赤道上與站在某緯度上之線速度大小不同。

【教學難點】

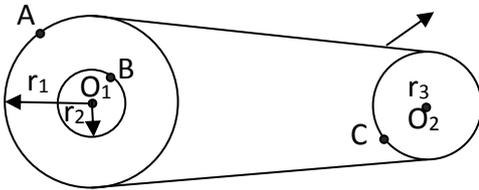
1. 理解單車鏈上各齒輪間的轉動關係。
2. 理解並能計算出人站在赤道上與站在某緯度上之線速度大小不同。
3. 計算各物理量之比值。

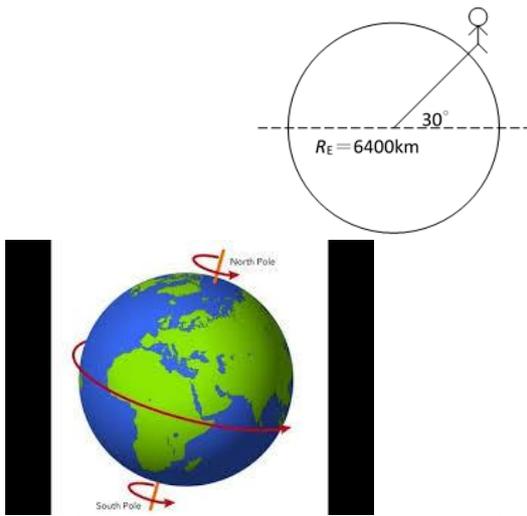
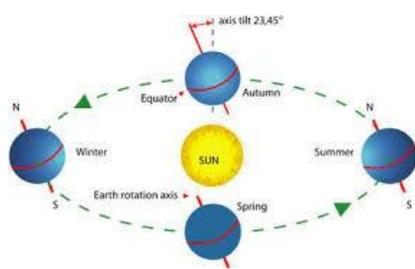
【課時安排】

40 分鐘

【教學過程】

教學內容	教學活動		備註 / 目標評核
	老師教學活動	學生活動	
(一) 生活例子 1	<p>本課節介紹幾個生活中圓周運動的例子，並用已學的物理知識，解決問題，當中按不同難度，由淺入深，引導學生思考和應用。</p> <p>LEVEL1. 四人騎在旋轉木馬上，他們的線速度、  何關係？</p> <p>老師提示：先比較他們的角速度 再根據 $v = r\omega$ 可能會幫到你</p>	<p>學生討論，根據上一節的基本概念和公式，找出旋轉木馬上各人的物理量。</p>	<p>1. 以生活中旋轉木馬為題材背景，聯繫生活、激活思考，培養學生解決問題的能力。</p> <p>2. 老師的提示有助學生解難，引導學生思</p>

	學生根據提示，討論、思考、歸納和進行運算。		考。
(二) 生活例子 2	<p>Level 2 : 一張唱片播放時的轉速為 33.33 轉每分鐘(RPM)。</p> <p>(a) 試以弧度每秒為單位表示唱片的轉速。</p> <p>(b) 若一隻小金龜停留在唱片上隨着唱片轉動，當牠停留於下列兩個位置時，分別求其線速度大小。</p> <p>(i) 離軸心 5.0 cm 處；</p> <p>(ii) 離軸心 10.0 cm 處。</p> <p>學生討論、思考、歸納和進行運算。</p>	學生根據指引進行運算。PPT 中沒有解答過程，目的是開放學生思維能力，讓學生自行在草稿中推算。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 角速度的單位換算。 2. 理解同一唱片上各質點的角速度相同，但線速度大小未必相等。
(三) 生活例子 3	<p>LEVEL3 :如圖所示為皮帶輪傳動裝置，主動輪軸 O_1 上有兩個半徑分別為 r_1 和 r_2 的共軸輪，從動輪輪軸 O_2 上的輪半徑為 r_3，已知 $r_1=2r_2$，$2r_1=3r_3$，皮帶不打滑，則 $\omega_A : \omega_B$ 和 $\omega_A : \omega_C$ 分別是：</p>  <p>A. 1:1 和 2:3 B. 1:1 和 3:2 C. 2:1 和 2:3 D. 2:1 和 3:2</p> <p>學生根據提示，討論、思考、歸納和進行運算，老師給予答案。</p>	學生討論生活中單車的各齒輪關係。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 理解單車鏈上各齒輪間的轉動關係。 2. 學會計算各物理量之比值。
(四) 生活例子 4	<p>LEVEL4 :地球自西向東轉，地球上的人，也隨地球一起轉動，已知地球半徑為 6400km，地球自轉一週需 24 小時，求在地面上緯度 30° 處，人隨地球自轉的 ω、v、a。</p>	學生根據指引進行討論和運算。	需要理解並能計算出人站在赤道上與站在某緯度上之線

	 <p>老師提示：人與地球之間，哪個量相等？ 人的運動半徑是什麼？</p> <p>正確答案會使學生感到意料之外，老師多加解釋和解答學生疑問，並讓學生計算在赤道上的情況。</p>		速度大小不同
(五) 生活例子 5	<p>LEVEL5 : The Earth takes one year to orbit the Sun along a path of radius $1.5 \times 10^{11} \text{m}$. Calculate:</p> <p>a) the frequency of the Earth's orbit,</p> <p>b) the Earth's angular speed.</p> <p>c) At what linear speed is the Earth moving ?</p> <p>d) What is the Earth's centripetal acceleration?</p>  <p>學生進行運算，老師給予答案。</p>	學生進行討論和運算。	培養學生獨立解題能力和閱讀英文題能力。
(六)作業	老師佈置作業書 P277 第 1 至 5 題	學生作業	加深理解和運算能力。

第四課時 向心力

教案

【教學目標】

1. 產生勻速圓周運動的條件。
2. 向心力公式的推導。
3. 向心力是以效果命名，明白向心力的物理意義。
4. 向心力並不是一種新的作用力，向心力可以是單獨的力，也可以是多個作用力所產生的合力。
5. 介紹幾個生活中的向心力例子。

【教學重點】

1. 產生勻速圓周運動的條件。
2. 介紹幾個生活中的向心力例子。

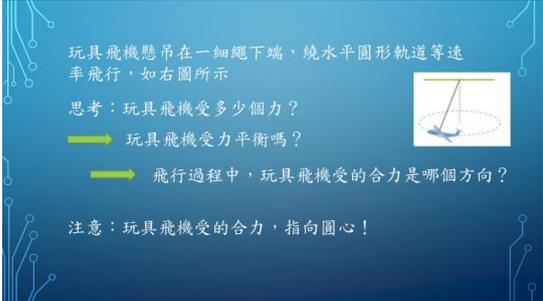
【教學難點】

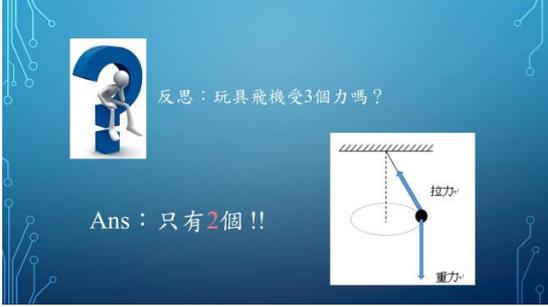
1. 向心力並不是一種新的作用力，向心力可以是單獨的力，也可以是多個作用力所產生的合力。
2. 汽車轉彎的限速問題。
3. 向心力的作用是改變物體的運動方向。

【課時安排】

40 分鐘

【教學過程】

教學內容	教學活動		備註 / 目標評核
	老師教學活動	學生活動	
(一) 提問	<p>1. 老師利用玩具飛機懸吊在一細繩下端的例子，再利用學生熟悉的受力分析，引導學生“找”出向心力。</p> <p>PPT 如下所示：</p> 	<p>思考、回答問題，遇到各同學間的答案出現分歧，激活思考。</p>	<p>明白玩具飛機只受 2 個力的作用。</p>

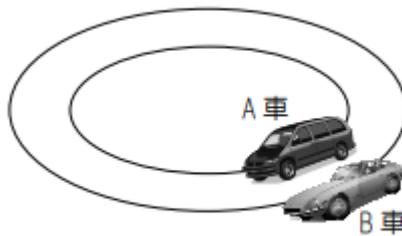
			
<p>(二) 向心力的定義和公式</p>	<p>1. 老師解釋何謂向心力：由於作等速圓周運動之質點的加速度方向恆指向圓心，故從牛頓第二運動定律知道作用在質點的合外力方向也就恆指向圓心，此力稱為 向心力 (centripetal force)。</p> <p>2. 向心力公式：根據 $a = \frac{v^2}{r}$ 和 $a = r\omega^2$，若質點之質量為 m，則其向心力的量值 F 為</p> $F = ma = m \frac{v^2}{R} = mR\omega^2$ <p>3. 向心力按效果而命名，老師強調向心力並不是一種新的作用力，向心力可以是單獨的力，例如由張力或是重力提供，向心力也可以是多個作用力所產生的合力。</p>	<p>思考並抄寫筆記。</p>	<p>必須理解向心力是以效果命名，明白向心力的物理意義。</p>
<p>(三) 向心力可以是單獨的力的例子</p>	<p>1. 老師強調向心力並不是一種新的作用力，向心力可以是單獨的力，例如由張力或是重力提供，向心力也可以是多個作用力所產生的合力。以下是向心力可以是單獨的力的例子，汽車轉彎問題。</p>	<p>學生經過舉一反三的過程，增加對向心力的理解。</p>	<p>汽車轉彎時，由摩擦力提供向心力。</p>



▲圖 汽車在水平路面遇到轉彎時，用摩擦力作為向心力。

2. 舉例子加固學生概念和理解

有 A、B 二跑車，各在半徑為 20 米及 40 米之圓周上運動，於同一時間內兩者皆可繞行一周，哪輛車需要提供較大的向心力？



3. 播放影片

<https://youtu.be/f72YCEtUGPU>

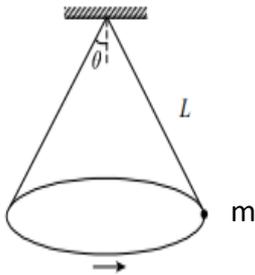
PPT 如下所示：

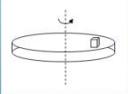
向心力並不是一種新的作用力，向心力可以是單獨的力，例如由張力或是重力提供，向心力也可以是多個作用力所產生的合力。如圖所示，例如汽車在水平路面轉彎時，可以用摩擦力作為向心力，若是汽車轉彎速率過大，摩擦力不足以提供汽車轉彎所需之向心力，想想這時候，汽車會如何運動？



▲圖 汽車在水平路面遇到轉彎時，用摩擦力作為向心力。

注意：向心力是按效果而命名的力！

	<p>想一想： 有 A、B 二跑車，各在半徑為 20 米及 40 米之圓周上運動，於同一時間內兩者皆可繞行一周，哪輛車需要提供較大的向心力？</p>  <p>物理教學示範影片 - 向心力裝置</p> 		
<p>(四) 向心力可以是多個作用力所產生的合力</p>	<p>1. 思考：用長度為 L 的細繩，使質量為 m 的物體，在水平面上作等速圓周運動，向心力由誰提供？</p> <p>學生回答：由張力和重力的合力提供向心力</p> 	<p>學生通過受力分析，加強對向心力的理解。</p>	<p>向心力並不是一種新的作用力，向心力可以是單獨的力，也可以是多個作用力所產生的合力。</p>
<p>(五) 向心力例子</p>	<p>1. 思考：孩子們站在迴旋木馬上，他們都在做勻速圓周運動，到底由什麼力向他們提供向心力？</p> <p>2. 思考：轉台上的物體跟轉台一起作勻速圓周運動，向心力由誰提供？</p> <p>3. 思考：為什麼地球能繞太陽公轉？</p> <p>PPT 如下所示：</p>	<p>學生思考並回答問題。</p>	<p>認識生活中的向心力例子。</p>

	<p>思考：孩子們站在迴旋木馬上，他們都在做勻速圓周運動，到底由什麼力向他們提供向心力？</p>  <p>Ans：由摩擦力提供向心力</p> <p>思考：轉台上的物體跟轉台一起作勻速圓周運動，向心力由誰提供？</p>  <p>Ans：由摩擦力提供向心力</p> <p>思考：為什麼地球能繞太陽公轉？</p>  <p>Ans：地球受太陽的萬有引力作用，提供向心力，使地球能作圓周運動</p> <p>所以物體能作圓周運動的條件是.....</p> <p>有向心力提供給物體</p>		
(六) 總結	<p>老師引導學生思考，歸納出以下兩結論：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 產生圓周運動的條件 2. 向心力的作用是改變物體的運動方向。 <p>PPT 如下所示：</p> 	學生思考和歸納。	學生必須掌握： 1. 產生圓周運動的條件。 2. 向心力的作用是改變物體的運動方向。
(七)作業	老師佈置作業書 P282 第 1 至 4 題	學生作業	加深向心力的概念理解。

第五課時 驗證向心力公式

教案

【教學目標】

1. 驗證向心力公式。
2. 培養學生動手能力。
3. 培養學生批判性思維。
4. 培養學生邏輯推理能力。

【教學重點】

1. 培養批判性思維，以實驗驗證公式的方法。
2. 明白做圓周運動的橡皮膠的受力情況。
3. 能夠驗證向心力公式。
4. 養成嚴謹的科學實驗態度和精神。

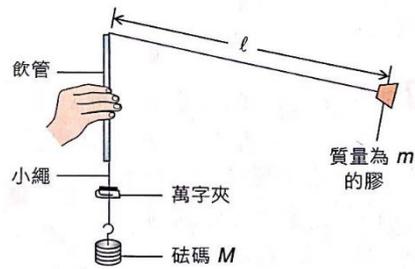
【教學難點】

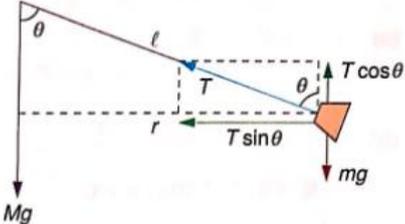
1. 動手能力方面，能夠令橡皮膠作穩定的圓周運動。
2. 通過實驗，到公式的驗證期間的推理過程和分析能力。

【課時安排】

40 分鐘

【教學過程】

教學內容	教學活動		備註 / 目標評核
	老師教學活動	學生活動	
(一)老師講解實驗步驟	<p>1. 將細繩穿過吸管，一端繫住橡皮擦、另一端繫住重物，手握吸管並讓橡皮擦繞著吸管作勻速圓周運動。</p>  <p>2. 記錄運動周期(T)，就可以得到角速度(ω)。</p> <p>提醒學生在繩子上做記號，方便量度長度。</p> <p>PPT 如下所示：</p>	<p>1. 學生分組實驗，安裝實驗裝置。</p>	<p>培養動手能力</p>

	 <p>將細繩穿過吸管，一端繫住橡皮擦、另一端繫住重物，手握吸管並讓橡皮擦繞著吸管作圓周運動</p>		
<p>(二)老師講解驗證方法的邏輯推理過程</p>	<p>老師講解：</p> <p>如圖所示，小繩的張力(T)可以分解為垂直和水平兩個分力，小繩和飲管(即鉛垂線)間的夾角為 θ</p>  <p>由於橡皮膠沒有垂直的運動，所以張力的垂直分力與橡皮膠的重量平衡，即：</p> $T \cos\theta = mg \dots\dots\dots (1)$ <p>張力的水平分力就是橡皮膠做勻速圓周運動的向心力</p> $T \sin\theta = m r \omega^2 \dots\dots\dots (2)$ <p>以 $r = \ell \sin\theta$ 代入(2)，則可求得繩的張力(T)</p> $T \sin\theta = m (\ell \sin\theta) \omega^2$ $\therefore T = m \ell \omega^2$ <p>小繩的張力等於砝碼的重量(Mg)，比較兩個力之值，即 $m \ell \omega^2$ 和 Mg 就可以證明</p> $F_c = m r \omega^2$	<p>學生思考和運算</p>	<p>培養學生邏輯推理過程和分析能力。養成嚴謹的科學實驗態度和精神。</p>
<p>(三) 學生分組實驗</p>	<p>學生分組實驗，並完成實驗報告。</p>	<p>學生進行實驗並記錄數據</p>	<p>培養協作能力和動手能力。</p>

(四) 實驗 延展部分	1. 切斷連接鈎碼的繩子，物塊會如何運動？ 2. 思考：向心力對物塊有何作用？	學生切斷繩子	通過實驗，讓學生反思，理解向心力的作用。
----------------	--	--------	----------------------

第六課時 生活中的向心力

教案

【教學目標】

1. 分析生活中的向心力。
2. 學會有關向心力的定量計算。
3. 學會用物理方法解決生活中的問題。
4. 定量計算解決生活中圓周運動的問題，增強學生的自信心。
5. 水平面汽車轉彎的限速問題，培養正確的駕駛態度。

【教學重點】

1. 定量計算解決生活中圓周運動的問題。
2. 常見的圓錐擺問題。
3. 影響汽車轉彎的限速大小的因素。

【教學難點】

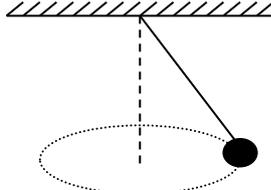
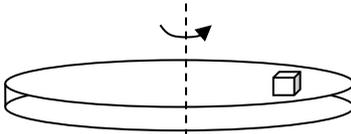
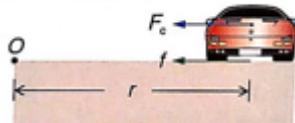
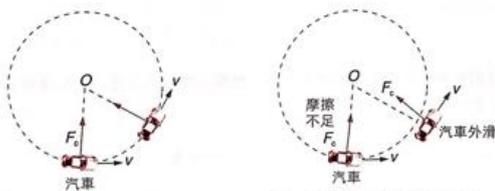
1. 靜摩擦力提供向心力的情況下，對限速的理解。
2. 當唱機轉動太快的情況下，唱機上物體的運動情況。
3. 當汽車運動速度過大的情況下，汽車的運動軌跡。

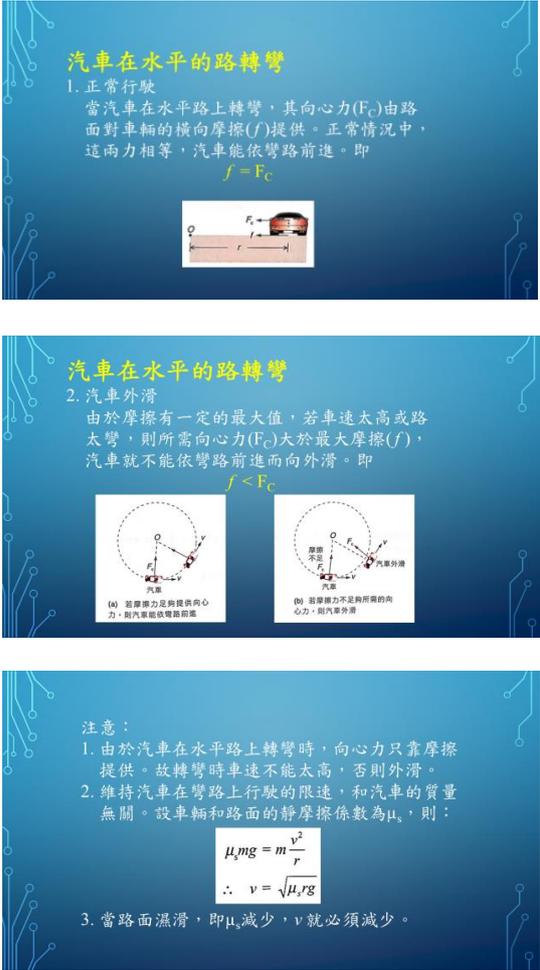
【課時安排】

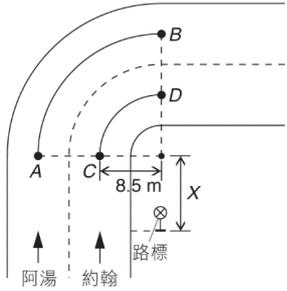
40 分鐘

【教學過程】

教學內容	教學活動		備註 /
	老師教學活動	學生活動	目標評核
(一)生活例子 1	例 1：A mass of 0.2 kg is whirled in a horizontal circle of radius 0.5m by a string inclined at 30° to the vertical. Calculate (i) the tension in the string, (ii) the centripetal force (iii) the period of the mass.	學生自行分析和計算。	培養學生分析和計算能力。

	 <p>老師引導學生自行受力和計算。</p>		
(二)生活例子 1	<p>例 2：一小物體放在唱機台上距中心 10cm 處，若轉速為 45rpm，則物體不會溜走，但轉得更快，物體便會滑走，求：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 求該物與台面間的摩擦系數； 2) 當轉速為 30rpm 時，$m=0.1\text{kg}$，摩擦力應為多少？  <p>老師解釋當唱機轉動太快時，根據 $F_c = mr\omega^2$，小物體要跟隨唱機一起運動，必須靜摩擦力有足夠大，但由於靜摩擦力有極限值，所以小物體無法隨唱機一起運動，讓學生思考小物體會如何運動，歸納出這是離心運動現象。</p>	學生思考並計算	<ol style="list-style-type: none"> 1. 學生需了解當唱機轉動太快的情況下，唱機上物體的運動情況。並明白相應的臨界速度。 2. 學生需明白當唱機轉動較慢時，靜摩擦力較小。
(三)汽車在水平路上轉彎問題分析	<ol style="list-style-type: none"> 1. 老師解釋以下兩點： <ol style="list-style-type: none"> (i) 正常行駛  <p>由靜摩擦力提供向心力</p> $f = F_c$ (ii) 汽車外滑  <p>(a) 若摩擦力足夠提供向心力，則汽車能依彎路前進</p> <p>(b) 若摩擦力不足夠所需的向心力，則汽車外滑</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 學生思考並抄寫重點。 2. 學生歸納出影響汽車轉彎的限速大小的因素。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 水平面汽車轉彎的限速問題，培養正確的駕駛態度。 2. 當汽車運動速度過大的情況下，汽車的運動軌跡。 3. 影響

	<p>靜摩擦力無法提供足夠向心力</p> $f < F_c$ <p>2. 老師推算限速公式。讓學生歸納出影響汽車轉彎的限速大小的因素。</p> <p>PPT 如下所示：</p>  <p>汽車在水平的路轉彎</p> <p>1. 正常行駛 當汽車在水平路上轉彎，其向心力(F_c)由路面對車輛的橫向摩擦(f)提供。正常情況中，這兩力相等，汽車能依彎路前進。即</p> $f = F_c$ <p>汽車在水平的路轉彎</p> <p>2. 汽車外滑 由於摩擦有一定的最大值，若車速太高或路太彎，則所需向心力(F_c)大於最大摩擦(f)，汽車就不能依彎路前進而向外滑。即</p> $f < F_c$ <p>注意：</p> <ol style="list-style-type: none"> 由於汽車在水平路上轉彎時，向心力只靠摩擦提供。故轉彎時車速不能太高，否則外滑。 維持汽車在彎路上行駛的限速，和汽車的質量無關。設車輛和路面的靜摩擦係數為μ_s，則： $\mu_s mg = m \frac{v^2}{r}$ $\therefore v = \sqrt{\mu_s r g}$ <ol style="list-style-type: none"> 當路面濕滑，即μ_s減少，v就必須減少。 		<p>汽車轉彎的限速大小的因素。</p>
<p>(四)汽車在水平路上轉彎計算</p>	<p>例 3：一輛質量為 800kg 的跑車以 15m/s 的速率，作半徑為 100m 的水平勻速圓周運動。(i) 求汽車受的靜摩擦力 (ii)你能根據以上數據，計出跑車與路面間的靜摩擦係數嗎？</p> 	<p>學生思考並計算</p>	<ol style="list-style-type: none"> 明白汽車轉彎過程中，向心力 $F_c = mr\omega^2$ 即為汽車受的摩擦力。 學生

	<p>注意：只有汽車速度大小在 $v = \sqrt{\mu_s rg}$ 的情況下運動，當時的摩擦力為最大靜摩擦力。</p>		<p>需知道只有汽車速度大小在 $v = \sqrt{\mu_s rg}$ 的情況下運動，當時的摩擦力為最大靜摩擦力。</p>
(五) 挑戰一下	<p>挑戰一下： 約翰和阿湯在高速公路上各自駕車，很快便要轉彎了。他們本來也以勻速 27 km h^{-1} 駕車。他們所駕的車為同型號，每人連車身的總重量為 500 kg。車輪與路面的最大摩擦力為 3000 N，BD 的長度是 5 m。下列哪一項是正確？</p> <p>A. 只有阿湯的車子打滑。 B. 只有約翰的車子打滑。 C. 兩者的車子都打滑。 D. 兩者的車子都不會打滑。</p>  <p>提醒學生：當汽車轉彎時，曲率半徑越小，汽車的限速值越小，越容易打滑，發生危險。</p>	學生思考並計算	<p>1. 通過例子，培養學生要有正確的駕駛態度，特別是轉急彎時，必須減速。 2. 通過例子，明 $v = \sqrt{\mu_s rg}$ 的物理意義。</p>
(六) 作業	老師佈置作業補充練習紙第 1、5、9、10 題，一課三練 P16 第 3 題、P18 第 1 題。	學生作業	練習有關水平面的勻速圓周運動。

第七課時 豎直平面的圓周運動

教案

【教學目標】

1. 豎直平面的圓周運動例子。
2. 學會利用繩子使小球在豎直平面做圓周運動的情況下，小球在最高點時，小球的受力與速度的關係。
3. 學會物體在圓形軌道中做圓周運動的受力與速度關係。
4. 學會利用杆子使小球在豎直平面做圓周運動的情況下，小球在最高和最低點時，小球的受力與速度的關係。

【教學重點】

1. 定量計算解決生活中豎直平面圓周運動的問題。
2. 明白利用繩子和小杆使小球在豎直平面做圓周運動的差異。
3. 學會計算物體在圓形軌道中做圓周運動時，物體受軌道的作用力。

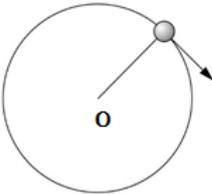
【教學難點】

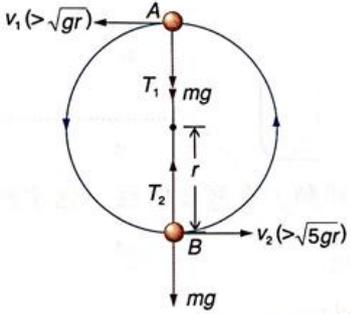
1. 計算物體在圓形軌道中做圓周運動時，物體受軌道的作用力。
2. 利用小杆使小球在豎直平面做圓周運動時，小球的受力與速度的關係

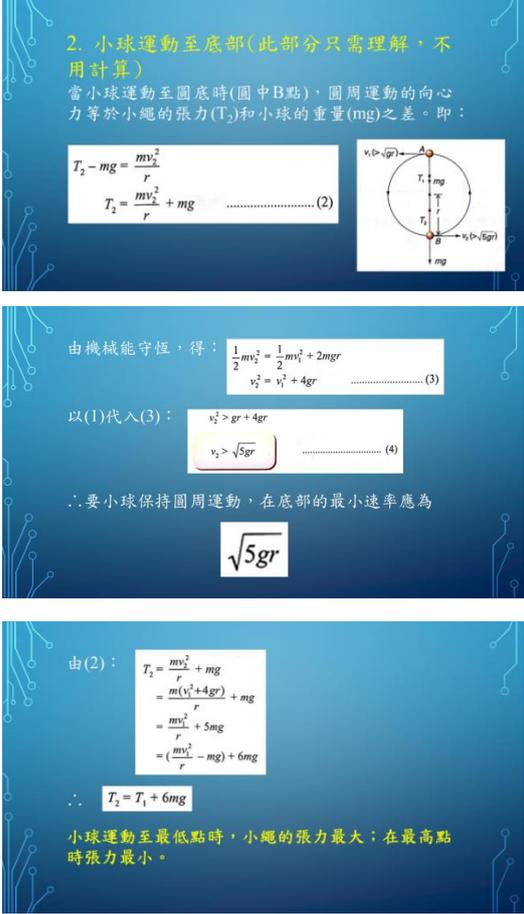
【課時安排】

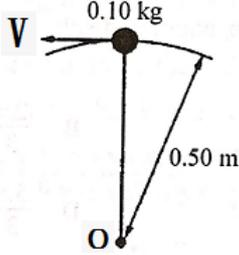
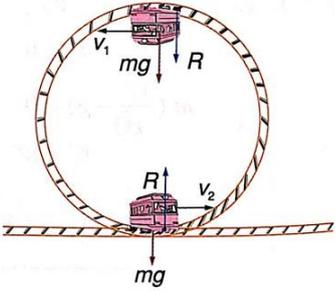
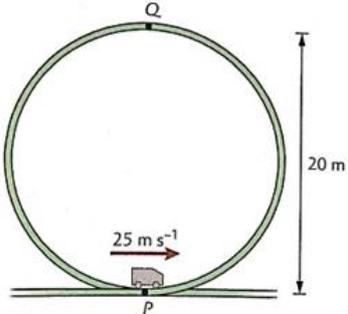
40 分鐘

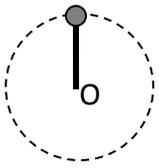
【教學過程】

教學內容	教學活動		備註 / 目標評核
	老師教學活動	學生活動	
(一) 演示	1. 老師利用繩子一端連接小球，手持繩子另一端 O，使小球能以 O 為圓心，在豎直平面中做圓周運動。  2. 演示較快的運動 3. 演示較慢的運動 4. 讓學生嘗試演示，並感受當中的張力大小。	學生觀察和嘗試演示實驗。	培養學生觀察能力，激發學生思考。
(二) 小球運動至頂部的例子	小球運動至頂部 當小球運動至圓頂時(圖 A 點)，圓周運動的向心力等於小球的重量(mg)及	學生思考和抄寫筆記。	1. 學生必須理解小球在最

	<p>小繩的張力(T_1)之和。即</p>  $T_1 + mg = \frac{mv_1^2}{r}$ $T_1 = m \left(\frac{v_1^2}{r} - g \right)$ <p>若 $T_1 = 0$，即小球脫離圓周而下落。因此，要小球保持圓周運動，T_1 必須為正值。即：</p> $T_1 > 0$ $m \left(\frac{v_1^2}{r} - g \right) > 0$ $v_1^2 > gr$ <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; display: inline-block;"> $v_1 > \sqrt{gr}$ </div> (1) <p>∴要小球保持圓周運動，在頂點的最小速率為 \sqrt{gr}</p>		<p>高點時，小球的受力與速度的關係。</p> <p>2. 了解最小速率的意義。</p>
<p>(三) 小球運動至底部</p>	<p>小球運動至底部(此部分只需理解，不用計算)</p> <p>當小球運動至圓底時(圓中 B 點)，圓周運動的向心力等於小繩的張力(T_2)和小球的重量(mg)之差。即：</p> $T_2 - mg = \frac{mv_2^2}{r}$ $T_2 = \frac{mv_2^2}{r} + mg \quad \text{..... (2)}$ <p>再利手機械能守恒，得到</p> $v_2^2 > gr + 4gr$ <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; display: inline-block;"> $v_2 > \sqrt{5gr}$ </div> (4)	<p>學生思考和抄寫筆記。</p>	<p>1. 學生必須理解小球在最高和最低點時，小球的受力與速度的關係不同。</p> <p>2. 學生必須理解小球運動至最低點時，繩子</p>

	<p>∴要小球保持圓周運動，在底部的最小速率應為 $\sqrt{5gr}$</p> <p>PPT 如下所示：</p>  <p>由(2)：</p> $T_2 = \frac{mv_2^2}{r} + mg$ $= \frac{m(v_1^2 + 4gr)}{r} + mg$ $= \frac{mv_1^2}{r} + 5mg$ $= \left(\frac{mv_1^2}{r} - mg\right) + 6mg$ <p>∴ $T_2 = T_1 + 6mg$</p> <p>小球運動至最低點時，小繩的張力最大；在最高點時張力最小。</p>		<p>的張力最大；在最高點時張力最小。</p>
<p>(四)例題</p>	<p>如圖，用繩子一端連接小球，使小球能以 O 為圓心，在豎直平面中，做圓周運動，</p> <p>求(i) 小球運動到最高點時，小球的最小速率為何？</p> <p>(ii) 若小球運動到最高點時，小球的速率比最小速率還要小，小球會如何運動？</p> <p>(iii) 當小球運動到最低點時，繩子張力為 10N，你能計算出當時小球的速率嗎？數值為何？</p>	<p>學生練習</p>	<ol style="list-style-type: none"> 通過練習，加強學生對此部分的理解。 學生需理解當小球運動至圓底時，圓周運動的向心力等於小繩的張力和小球

	 <p>老師引導學生思考、計算，給予答案。</p>		<p>的重量之差。</p>
<p>(五)類似情況：過山車問題</p>	<p>老師講解原理： 過山車的原理和前述的原理相同。只是軌道對車的法向反作用力(R)代替了小繩的張力。</p> 	<p>學生思考</p>	<p>舉一反三，培養學生的發散思維。</p>
<p>(六)例題</p>	<p>一輛總質量為 1000kg 的過山車，沿半徑為 10 m 的垂直圓形路徑行駛，過山車經過最低點 P 時，速度為 25m/s。</p> <p>(a) 若過山車在 Q 點時，過山車的實際速率為最小速率的兩倍，則過山車受路軌的作用力大小和方向。</p> <p>(b) 求過山車在 P 點時，過山車受路軌的作用力大小和方向。</p>  <p>老師引導學生思考、計算，給予答案。</p>	<p>學生練習</p>	<p>學會計算物體在圓形軌道中做圓周運動時，物體受軌道的作用力。</p>

(七)思考與作業	<p>思考與作業：</p> <p>利用小杆使小球在豎直平面做圓周運動：</p> <p>一輕桿一端固定質量為 2 kg 的小球，以另一端 O 為圓心，使小球在豎直面內做半徑為 0.5 m 的圓周運動，如圖所示，</p> <p>(a) 當小球在最高點的線速度 v 為 1.2 m/s 時，桿對小球的作用力為拉力還是重力？大小為何？</p> <p>(b) 當小球在最高點的線速度 v 為 3.6 m/s 時，桿對小球的作用力為拉力還是重力？大小為何？</p> 	學生回家思考並計算。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 通過回家思考，讓學生歸納出利用小杆和繩子的差異性。 2. 培育學生的思考、邏輯運算能力。
(八)作業	老師佈置作業補充練習紙第 8 題，一課三練 P20 第 2、5 題、P24 第 10 題、P25 第 1 題、P26 第 12 題。	學生作業	練習有關豎直平面的勻速圓周運動。

第八課時 生活中豎直平面的圓周運動的應用

教案

【教學目標】

1. 認識生活中豎直平面的圓周運動。
2. 學會用物理知識解決生活中的問題。
3. 離心運動現象。

【教學重點】

1. 定量計算解決生活中豎直平面圓周運動的問題。
2. 離心運動現象。
3. 熟悉計算物體在圓形軌道中做圓周運動時，物體受軌道的作用力。

【教學難點】

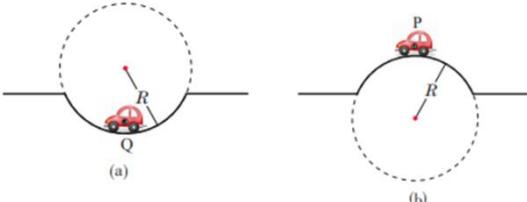
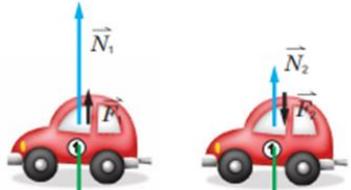
1. 汽車在弧形路面上的運動計算。

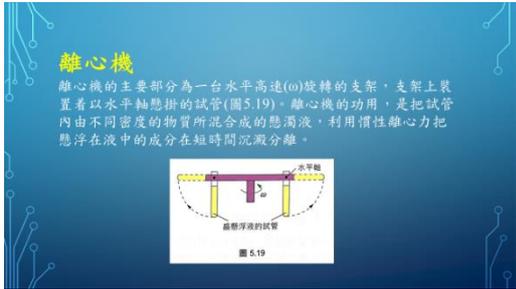
2. 慣性離心力的理解。

【課時安排】

40 分鐘

【教學過程】

教學內容	教學活動		備註 / 目標評核
	老師教學活動	學生活動	
(一) 汽車在弧形路面上的運動	<p>例 1：質量為 m 的汽車，分別經過凹陷路面與凸起路面，兩路面皆可視為半徑 R 的一段圓弧，如圖所示，若重力加速度為 g，則</p> <p>(a) 行駛至凹陷路面最低點 Q 處的速率為 v，路面對汽車的正向力為何？</p> <p>(b) 行駛至凸起路面最高點 P 處的速率為 v，路面對汽車的正向力為何？</p> <p>(c) 承題(b)，汽車在最高點 P 處，欲保持貼住路面行駛，則速率 v 所允許的最大值為何？</p> <div style="text-align: center;">  <p>(a) (b)</p> </div> <p>解：</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>(1) 汽車在鉛直方向受到方向朝上的正向力 \vec{N}_1 與方向朝下的重力 $m\vec{g}$，如圖 (a) 所示。在 Q 點，所受合力 \vec{F}_1 為方向朝上的向心力，則向心力 $F_1 = N_1 - mg$。已知速率為 v，圓周半徑為 R，</p> $\text{由 } N_1 - mg = m \frac{v^2}{R}, \text{ 得知 } N_1 = mg + m \frac{v^2}{R}$ <p>(2) 汽車在鉛直方向受到方向朝上的正向力 \vec{N}_2 與方向朝下的重力 $m\vec{g}$，如圖 (b) 所示。在 P 點，所受合力 \vec{F}_2 為方向朝下的向心力，則向心力 $F_2 = mg - N_2$。已知速率為 v，圓周半徑為 R，</p> $\text{由 } mg - N_2 = m \frac{v^2}{R}, \text{ 得知 } N_2 = mg - m \frac{v^2}{R}$	學生練習	培養學生分析和運算能力。

	<p>(3) 若保持貼住路面，則 $N_2 \geq 0$，將題(2)求得之答案代入不等式，可以得知</p> $mg - m \frac{v^2}{R} \geq 0, \text{ 即 } v \leq \sqrt{gR}$ <p>所以汽車行駛的速率不能超過 \sqrt{gR}，否則就會發生汽車飛出路面的危險事故了。</p>		
(二)例題	<p>例 2：樂園中有一機動遊戲，參加者在一個半徑為 6.6 m 的豎立圓環上作圓周運動，圓環轉動一週需時 3.2 s。設一參加者質量為 63 kg，求在下列各情況下，遊戲機對這人的作用力。</p> <p>(a) 轉到圓環底部； (b) 轉到圓環頂部； (c) 轉到圓環高度之半。</p> <p>讓學生在黑板寫自己的解答過程。</p>	學生練習	培養學生應用的能力。
(三)離心機	<p>老師介紹原理： 離心機的主要部分為一台水平高速(ω)旋轉的支架，支架上裝置着以水平軸懸掛的試管(圖 5.19)。離心機的功用，是把試管內由不同密度的物質所混合成的懸濁液，利用慣性離心力把懸浮在液中的成分在短時間沉澱分離。</p> <p>PPT 如下所示：</p> 	學生思考並討論	培養學生的應用能力。
(四)旋轉乾燥機	<p>老師介紹原理： 旋轉乾燥機是慣性運動的應用，最常見的例子便是洗衣機。</p> <p>PPT 如下所示：</p>	學生思考並討論	培養學生的應用能力。

			
<p>(五)機動遊戲</p>	<p>老師介紹原理： 樂園中有很多機動遊戲，圖中是其中一種。當此大圓盤高速轉動時，參加者因慣性覺得受到壓向圓外的力，這就是慣性離心力。這個感覺和我們坐在急速轉彎的汽車中的感覺相同。</p> <p>PPT 如下所示：</p> 	<p>學生思考並討論</p>	<p>學生需理解慣性離心力不是真實的力，它只是虛構出來用以解釋在加速系統中的物體因慣性的表現。它不是真正受到其他物體所作用的。</p>

參、試教評估

第一課時	描述圓周運動的物理量	通過翻轉課堂，學生於課前搜集有關圓周運動的資料，由生活中的例子引入，學生對描述圓周運動的物理量的理解較好，老師講解基本概念後，大部份學生能對生活中的例子用相關的物理量來描述其運動的快慢，並能完成簡單計算。
第二課時	向心加速度	學生能理解向心加速度的物理意義和方向，能明白做圓周運動的物體其向心加速度值都不為0。雖然公式的推導過程比較沉悶，但學生也能接受相關內容，過程中加深學生對向心加速度公式的理解。
第三課時	生活中線速度、角速度和向心加速度的例子和計算	通過對生活例子的分析，進行概念加固，學生學會使用相關公式進行計算，由學生作業反映大部分學生對線速度、角速度和向心加速度的理解良好。
第四課時	向心力	完成本節內容後，學生能夠明生產生勻速圓周運動的條件是要有向心力的存在，明白向心力是以效果命名，明白向心力的物理意義。通過課堂學生口述表現和作業情況，能反映學生明白向心力不是一種新的作用力，向心力可以是單獨的力，也可以是多個作用力所產生的合力。
第五課時	向心力實驗	學生在實驗過程中，遇到問題，能靈活解決，例如：原本以飲管作為實驗材料，但由於不夠堅固，效果不理想，學生能迅速想到用筆管取代之，學生協作解決問題的能力良好。
第六課時	生活中的向心力	學生對有關圓錐擺的概念和計算，掌握程度良好。對於有關汽車轉彎問題，明白轉速越快，靜摩擦力越大，能理解限速的理因，但對於要比較兩車的轉彎問題，部分同學掌握程度較弱，這反映在課堂“挑戰一下”和作業補充練習紙第5題。
第七課時	豎直平面的圓周運動	學生明白圓周運動中，質點在最高點和最低點受力的差異性，並能計算物體在最高點時的最小運動速度。但是通過學生作業反映，學生對“利用小杆使小球在豎直平面做圓周運動”這類型的理解較弱。
第八課時	生活中豎直平面的圓周運動的應用	學生對於汽車在弧形路面上的運動計算，掌握程度良好。對於離心機的原理也能理解，但是通過學生討論和口述過程中，對於慣性離心力不是真實的力，這部分理解程度較弱。

肆、反思與建議

本單元完成後，根據學生上課反應、實驗過程、課後練習、學生實驗報告等，發現學生對知識概念的理解、與生活的聯繫等定性概念都能達到較佳水平；對定量計算方面，部分基礎較差學生，在這方面表現較差，特別是“利用小杆使小球在豎直平面做圓周運動”的計算方面，顯得較弱，但是有關過山車問題的計算掌握程度良好；而在實驗方面，學生能夠找出新的材料去取代原有的材料，從而得到更好的實驗效果。在記錄數據方面也表現得不錯，其中女同學表現較細心。

通過課堂教學對教案的實踐，有以下兩點的建議：1. 本教案應由 8 課時，改為 10 課時，可以在堂上有足夠的思考、討論和練習機會，有助後進生慢慢消化和掌握。2. 把第六課時的部分上課內容，於上課前先給予學生資料，讓學生能夠更好掌握這節課的內容。

伍、參考文獻

1. Discovering Physics (Teacher's Guide) Manhattan
2. 新編生活與物理 1B 力學 (教師用書) Oxford
3. 高中物理升學寶典 I 勁園文化
4. 一課三練—高一物理(下) 延邊教育出版社
5. 物理 暨南大學出版社
6. 生活與物理 力學 Longman
7. www.google.com
8. www.baidu.com

附錄

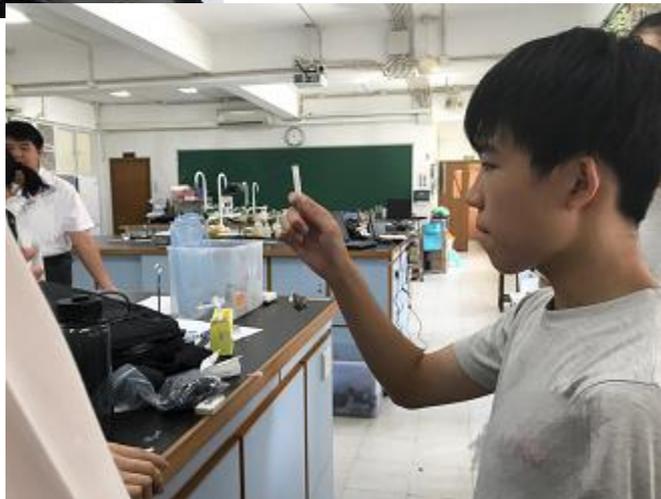
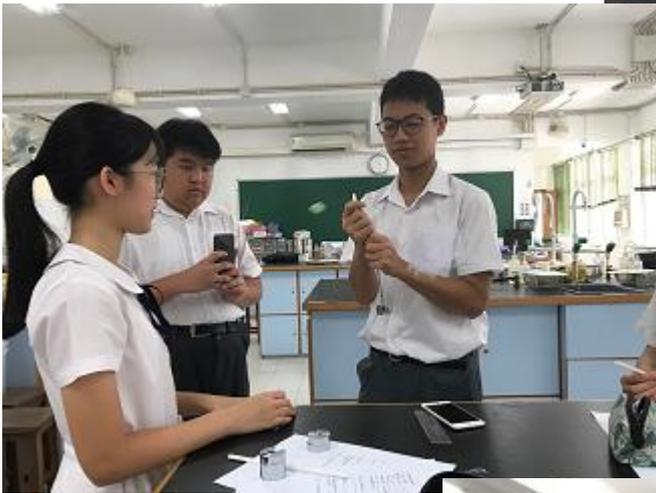
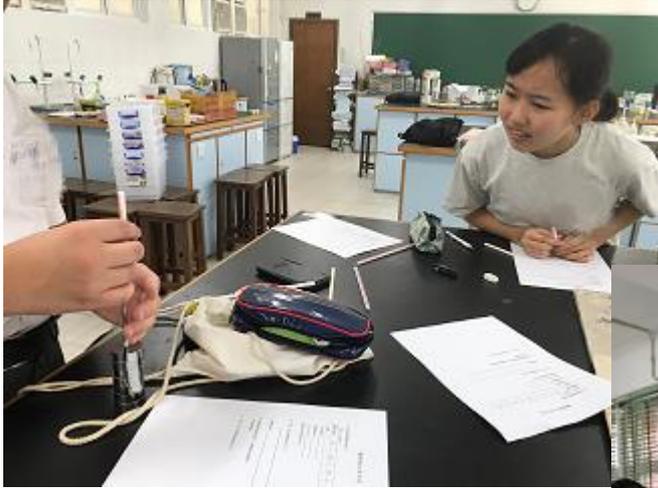
試教相片

課後練習紙

實驗報告

試教相片





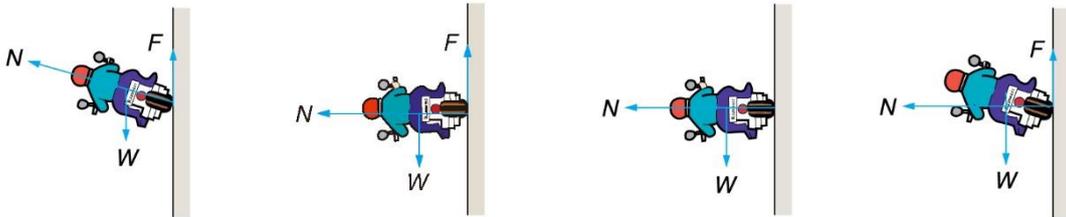
課後練習紙

勻速圓周運動練習

1. 鐘擺的質量是 m ，由一條繩子吊著。鐘擺在水平面作圓周運動，半徑是 r ，而繩和垂直線之間的角是 α 。假如鐘擺的角速度是 ω ，而 g 是重力加速度，以下哪個等於 $\tan\alpha$ ？

A. $m\omega^2 r$ B. $\frac{m\omega^2 r}{g}$ C. $\frac{\omega}{g}$ D. $\frac{\omega^2 r}{g}$

2. 電單車的速率足以在圓柱體滾筒內的牆壁作水平的圓周運動。 F 是摩擦力， W 是車手和電單車的總重量， N 是牆壁作用在電單車的法向反作用力。電單車和車手在任何時間的位置，和力作用的方向，最能夠用以下哪幅圖來表示？



3. 旋轉木馬轉動的頻率是每秒 0.1 轉。
(a) 要取得 2 m s^{-2} 的向心加速度，某人站立的位置應距離圓心多遠？
(b) 試求這人在該位置的速率。
4. 飛機作圓周運動，半徑是 500 m ，而向心加速度是 50 m s^{-2} 。試求飛機的角速度和線速度。
5. 彎路的闊度是 10 m ，內彎路的半徑是 120 m 。兩輛相同的車，一輛在外彎行駛，而另一輛則在內彎。在沒有滑行的情況下，試求車的最高速率的比率。假設路面和兩輛車之間的最大摩擦力是相同的，而車的大小可以忽略。
6. 鐘的秒針在頂端移動的速率是 $5 \times 10^{-2} \text{ m s}^{-1}$ 。
(a) 試求相同長度的分針在頂端的速率。
(b) 試求分針和秒針在頂端的向心加速度。
7. 溜冰者每秒轉 3 個圈，而他的手指尖和轉軸的距離是 0.5 m 。試求溜冰者手指尖的向心加速度。
8. A 30 kg boy sits on the seat of a Ferris wheel having a radius of 20 m . The wheel

rotates with a

uniform angular velocity of 0.1 rad s^{-1} .

- (a) Draw a free-body diagram showing the forces on the boy when he is at the top of the Ferris wheel.
- (b) Calculate the force (magnitude and direction) of the seat on the boy when he is at that position.



9. This question is about the rotation of the Moon in a circular orbit around the Earth.

You will need to

use the following astronomical data.

Radius of the Moon's orbit = $3.84 \times 10^8 \text{ m}$

Mass of the Moon = $7.35 \times 10^{22} \text{ kg}$

Time for Moon to complete one orbit around the Earth = $2.36 \times 10^6 \text{ s}$

- Calculate
- (a) The speed of the Moon in its orbit around the Earth,
 - (b) The acceleration of the Moon,
 - (c) The force the Earth exerts on the Moon.

10. 質量是 800 kg ，勻速率是 15 m s^{-1} 的汽車，在水平面的圓形道路行駛。圓形道路的半徑是 100 m 。

- (i) 試求作用在汽車的向心力的量值和方向。
- (ii) 向心力是怎樣產生的？

實驗報告

驗證向心力公式

A. 測定圓周運動的周期 T

半徑 ($r = 10 \text{ cm}$)

轉動次數	20	20	20	20	20
時間					

平均周期 T : _____

物塊質量 m : _____

向心力公式 : _____

∴ 需提供給物塊的向心力 :

B. 思考：由什麼提供向心力？

C. 驗證結論：_____

D. 切斷連接鈎碼的繩子，物塊會如何運動？

作出俯視圖。

E. 思考：向心力對物塊有何作用？