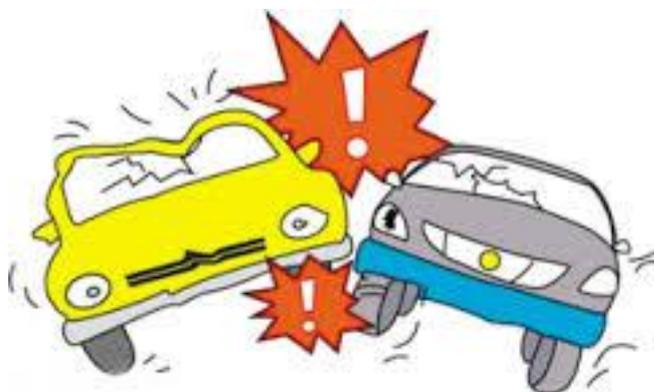


2013/2014 學年
教學設計獎勵計劃

從生活到物理-----動量



C090

高一物理

簡介

在高一物理課程中，動量、衝量有別於力、速度、位移等物理量，力、速度、位移等物理量較直觀、易懂，學生較易掌握當中的重點並應用於生活中。大部分學生完成動量這一單元後，只會記起 $p = mv$ 及一堆公式和計算，很難理解當中的物理意義，更不用說能夠應用於生活。本教案會從生活中的一些現象出發，通過觀察和思考去理解本單元中每個物理量的真正意義，體會動量與生活是息息相關的。

本教案主要從生活中的照片、生活中的一些現象出發，激發學生思考，引導學生歸納動量的物理意義。通過一些生活中的短片理解衝量的意義，鞏固概念，區分動量和衝量的區別，透過 Pasco 實驗了解定性關係，培養動手能力，最後解析生活中的一些簡單碰撞問題，用物理方法減少意外中傷害的程度。

教學過程中，較多使用提問、反問的方式加強學生對定理、定律的認識和理解。提問有關生活現象可以激發學生思考，培養發散性思維。動量守恆定律的公式推導和學生進行的驗證實驗可加強邏輯性的培養。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
貳、教案	
第一課時 動量-----	5
第二課時 衝量及動量定理-----	8
第三課時 動量定理應用-----	11
第四、五課時 動量守恒定律-----	15
第六課時 動量守恒定律的應用-----	18
參、試教評估-----	23
肆、反思與建議-----	24
伍、參考文獻-----	25
附錄	
試教相片-----	26
課後練習紙-----	28
實驗報告-----	31
部份學生實驗報告-----	38

試教進度

課時	課題	教學目標	施教日期
第一課時	動量	<ol style="list-style-type: none"> 1. 動量的定義 2. 從生活中找出動量 	2014 年 3 月 31 日
第二課時	衝量和動量定理	<ol style="list-style-type: none"> 1. 衝量的定義及衝量與生活 2. 動量與衝量的區別 3. 動量與衝量的關係 4. 學習使用 PASCO 中的力感測器和運動感測器 	2014 年 4 月 3 日
第三課時	動量定理的應用	<ol style="list-style-type: none"> 1. 生活中的應用(安全氣囊、氣墊等) 2. 定量計算 	2014 年 4 月 4 日
第四、五課時	驗證動量守恒定律	<ol style="list-style-type: none"> 1. 學習使用 PASCO 中的力傳感器和運動傳感器 2. 滿足動量守恒定律的前提條件 	2014 年 4 月 7 日
第六課時	動量守恒定律的應用	<ol style="list-style-type: none"> 1. 簡單的碰撞問題 2. 反衝現象 3. 物體間相互作用問題的計算 	2014 年 4 月 10 日

壹、教學計劃內容簡介

一. 教學目標：

1. 從生活中的一些現象出發，通過觀察和思考去理解本單元中每個物理量的真正意義，體會動量與生活是息息相關的。
2. 學會有關動量定理、動量守恒定律的計算及生活現象解釋。
3. 會使用力感測器和運動感測器。

二. 主要內容：

1. 動量
2. 衝量和動量定理
3. 動量定理的應用
4. 動量守恒定律
5. 動量守恒定律的應用

三. 設計創意和特色：

1. 教學題材生活化，化難為簡。
2. 重視知識結構的邏輯性。
3. 以提問方式培養學生發散思維。
4. 對生活現象進行量化計算，增加縱向思考機會。

四. 教學重點：

1. 能夠聯繫生活，利用動量知識解決簡單的碰撞問題、相互作用問題。
2. 能夠驗證與推導動量守恒定律。

五. 教學難點：

1. 動量定理和動量守恒定律的定量計算。
2. 利用動量守恒定律解決相互作用問題。

六. 教學用具：

1. 實驗儀器(Pasco)：力感測器、運動感測器、天秤、道軌、小車、電腦
2. 補充練習紙、實驗報告
3. 多媒體課件：ppt、短片

七. 教學課時：

共 6 課時、每課時 40 分鐘。(其中第 4、5 課時為連堂實驗)

八. 教學對象：

高一理組學生

九. 教科書：

Discovering Physics (Manhattan)

貳、教案

第一課時 動量

教案

【教學目標】

1. 理解動量的概念，知道動量的定義，知道動量是向量
2. 知道動量的大小與物體運動趨勢的關係
3. 知道動量的大小與物體碰撞的關係
4. 物體動量的簡單計算
5. 學會利用動量解釋生活中的現象

【教學重點】

1. 動量的物理意義與生活的聯繫
2. 動量的方向

【教學難點】

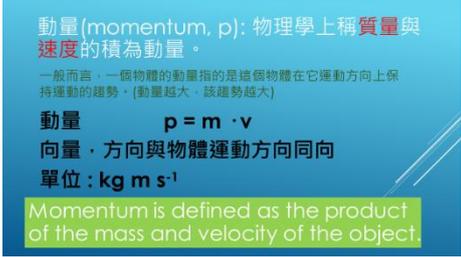
1. 動量的物理意義與生活的聯繫

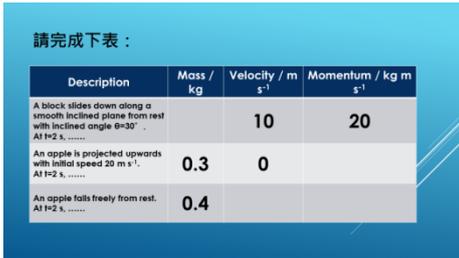
【課時安排】

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. 老師提出以下問題:</p> <p>(1) 美式足球比賽中，要贏取比賽，運動員需具備什麼條件?</p> <p>(2) 相撲比賽中，要贏取比賽，運動員需具備什麼條件?</p> <p>(3) 兩溜冰運動員，相向碰撞，具備什麼條件的運動員會較不易跌倒?</p> <p>PPT 如下所示：</p> 	思考、討論	利用幾張生活中的照片，引起學生的興趣，聯繫生活，激發學生思考、討論，增添課堂的氣氛

<p>(二) 引導學生歸納出質量、運動速度兩者皆與碰撞有關</p>	<p>1. 老師從旁引導學生歸納出結果並要求學生回答。</p> <p>PPT 如下所示：</p> 	<p>回答問題：質量與運動速度都有關</p>	<p>強調質量、運動速度與以上問題都有關。大部分學生會以為只與質量有關</p>
<p>(三) 動量的定義、矢量性、單位</p>	<p>1. 老師利用 PPT 帶出動量的定義： 動量(momentum, p): 物理學上稱質量與速度的積為動量。</p> <p>2. 解釋動量的物理意義，物體的動量越大，其在它運動方向上保持運動的趨勢越大。由此可解釋兩溜冰運動員，相向碰撞，動量大的運動員會較不易跌倒。</p> <p>3. 動量的表達式及單位。</p> <p>4. 強調動量是矢量，其方向與物體的運動方向一致，現階段只考慮一維動量問題。</p> <p>PPT 如下所示：</p> 	<p>學生抄寫筆記</p>	<p>1. 大部分學生對動量的理解只停留在公式的闡述，不明白動量的物理意義，更不用說解釋生活例子，物體的動量越大，其在它運動方向上保持運動的趨勢越大，是這部分的難點。</p> <p>2. 強調動量的矢量性，$p = mv$ 中，需注意速度的方向性。</p>

<p>(四) 生活例子解釋</p>	<p>1. 老師解釋保齡球的例子：由於保齡球的動量大，所以保齡球與球樽碰撞後，保齡球的運動並不會有明顯的改變。</p> <p>2. 老師讓學生思考、討論撞車問題和子彈問題兩生活例子。</p> <p>PPT 如下所示：</p> 	<p>思考、討論並回答問題</p>	<p>與生活問題聯繫、思考可加強對動量概念的認識，鞏固知識的重點。</p>																
<p>(五) 動量與碰撞的關係</p>	<p>1. 老師由以上例子引導學生總結出： 當物體發生碰撞時，其損毀程度取決於物體的質量和速度。 由此可解釋馬路上汽車為何要限速和限載。</p> <p>PPT 如下所示：</p> 	<p>總結並抄寫筆記</p>	<p>培養學生通過生活例子，總結出物理規律。</p>																
<p>(六) 簡單運算</p>	<p>1. 老師讓學生自行完成 PPT 中的簡單運算。</p> <p>PPT 如下所示：</p>  <table border="1" data-bbox="496 1749 884 1906"> <thead> <tr> <th>Description</th> <th>Mass / kg</th> <th>Velocity / m s⁻¹</th> <th>Momentum / kg m s⁻¹</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A block slides down along a smooth inclined plane from rest with inclined angle $\theta=30^\circ$. At $t=2$ s,</td> <td></td> <td>10</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>An apple is projected upwards with initial speed 20 m s^{-1}. At $t=2$ s,</td> <td>0.3</td> <td>0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>An apple falls freely from rest. At $t=2$ s,</td> <td>0.4</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Description	Mass / kg	Velocity / m s ⁻¹	Momentum / kg m s ⁻¹	A block slides down along a smooth inclined plane from rest with inclined angle $\theta=30^\circ$. At $t=2$ s,		10	20	An apple is projected upwards with initial speed 20 m s^{-1} . At $t=2$ s,	0.3	0		An apple falls freely from rest. At $t=2$ s,	0.4				
Description	Mass / kg	Velocity / m s ⁻¹	Momentum / kg m s ⁻¹																
A block slides down along a smooth inclined plane from rest with inclined angle $\theta=30^\circ$. At $t=2$ s,		10	20																
An apple is projected upwards with initial speed 20 m s^{-1} . At $t=2$ s,	0.3	0																	
An apple falls freely from rest. At $t=2$ s,	0.4																		

第二課時 衝量及動量定理

教案

【教學目標】

1. 理解和掌握衝量的概念，強調衝量的向量性。
2. 動量與衝量的差異。
3. 學習動量定理，理解和掌握衝量和動量改變的關係。
4. 通過演示實驗，學習力傳感器和運動傳感器的使用。

【教學重點】

1. 衝量的概念，衝量的向量性。
2. 動量定理，衝量和動量改變的關係。
3. 驗證動量定理實驗的實驗方法和邏輯關係。

【教學難點】

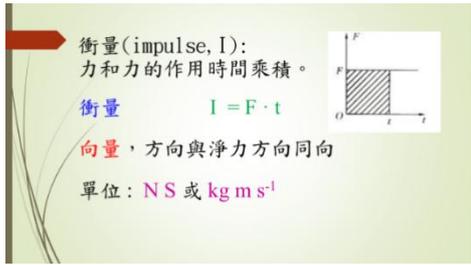
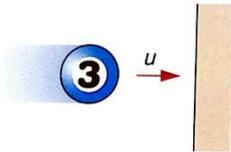
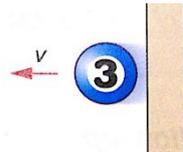
1. 動量是狀態量，衝量是過程量。
2. 動量定理不僅適用恒力作用，也適用變力作用的情況（此時的力應為平均作用力）

【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) 衝量的定義	<ol style="list-style-type: none">1. 老師利用 PPT 帶出衝量的定義：力和力的作用時間乘積2. 衝量的表達式和單位3. 強調衝量是向量，其方向與物體所受淨力的方向同向4. 解釋 F-t 圖中的面積反映衝量的大小	學生抄寫筆記	

	<p>PPT 如下所示：</p> 		
<p>(二) 衝量與動量的區別</p>	<p>1. 提問：上一節中所學習的動量，與本節中的衝量有什麼不同？</p> <p>老師從它們的定義，帶出動量是狀態量，衝量是過程量。</p> <p>2. 由以下三幅圖作出相應的解釋：</p> <p>(1)</p>  <p>此刻小球只有動量 $p = m u$，沒有衝量</p> <p>(2)</p>  <p>碰撞過程中，小球的動量發生變化(因過程中速度在變化)，注意速度大小有可能不變，但運動方向一定在改變。 小球的衝量 $I = F \cdot t$ (F 是小球受牆壁的撞擊力，t 是碰撞過程的時間，雖然很短，但不可忽略)</p> <p>(3)</p>  <p>此刻小球只有動量 $p = m v$，沒有衝量</p>	<p>討論和思考</p>	<p>1. 學生對力、時間、質量和速度有一定的認識，對於狀態量較易理解，但對過程量較為陌生。</p> <p>2. 大部分的碰撞過程中，接觸時間很短，因此碰撞過程對學生來說是較新的概念。</p>

PPT 如下所示：

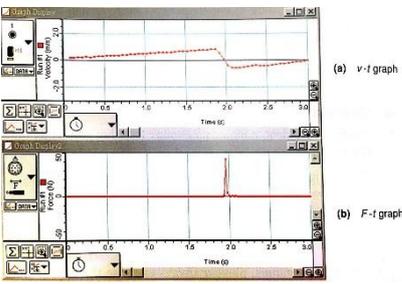
(三) 動量和衝量的關係

1. 老師：既然衝量與力和時間有關，那麼我們以前所學的公式或定律中，可否使我們對衝量了解更多？
2. 引導學生作出以下推算：
由牛頓運動第二定律可知：
淨力 $F = ma = m\left(\frac{v-u}{t}\right) = \frac{mv-mu}{t}$
因此 $F \cdot t = mv - mu$
此為動量定理
3. 得出衝量和動量的關係：
衝量 = 動量的改變

PPT 如下所示：

學生進行邏輯性的思考、推算，找出衝量與動量的關係

根據推算過程和結論，學生對過程量有更深刻的認識。

<p>(四) 演示 驗證動量 定理的實 驗短片</p>	<p>1. 老師向學生演示動量定理實驗短片。 2. 老師向學生講解以下 v-t 圖及 F-t 圖</p>  <p>短片路徑如下所示：</p> 	<p>學生觀看演 示實驗短片</p>	<p>通過演示 實驗的驗 證，學生 對動量定 理有更深 刻的認識 和理解</p>
---	--	------------------------	--

第三課時 動量定理的應用

教案

【教學目標】

1. 動量定理與生活的聯繫
2. 學會有關動量定理的邏輯運算
3. 培養對知識的應用能力，解決生活的問題

【教學重點】

1. 利用動量定理解決生活中的撞擊力問題(增加撞擊時間，減少撞擊力)
2. 動量定理的邏輯運算

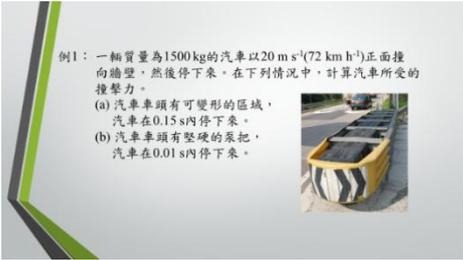
【教學難點】

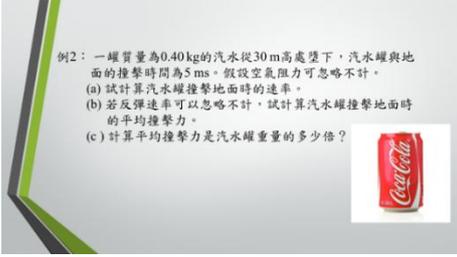
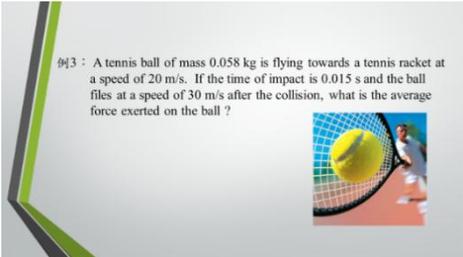
1. 動量定理中的淨力未必是撞擊力，特別是豎直方向上的撞擊問題
2. 平均作用力的概念
3. 碰撞前後速度的方向，代入定理時的正負性

【課時安排】

【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) 提問並引導學生找出撞擊力與碰撞時間有關	<p>1. 老師提問：跳高比賽中為何要鋪設軟墊？</p> <p>2. 引導學生從撞擊力的角度思考，軟墊的真正的作用</p> <p>3. 老師總結並強調，在動量差相同的情況下，撞擊時間越短，撞擊力就越大</p> <p>PPT 如下所示：</p> 	<p>1. 思考並回答出沒有軟墊，運動員會受重傷</p> <p>2. 學生討論，根據上一節的動量定理，找出撞擊力與碰撞時間有關，軟墊的作用是增加撞擊時間。</p>	1. 提問、引導可激發學生思考，培養學生邏輯推理能力。
(二) 生活物理的定量計算例 1	<p>1. 典型的碰撞問題，老師在 PPT 中演示例題 1:</p> <p>例 1: 一輛質量為 1500 kg 的汽車以 20 m s⁻¹(72 km h⁻¹)正面撞向牆壁，然後停下來。在下列情況中，計算汽車所受的撞擊力。</p> <p>(a) 汽車車頭有可變形的區域，汽車在 0.15 s 內停下來。</p> <p>(b) 汽車車頭有堅硬的泵把，汽車在 0.01 s 內停下來。</p> <p>2. 提醒學生需先設定正方向代入</p>	學生根據指引進行運算	<p>1. 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。</p> <p>2. 學生根據定量計算，加深對撞擊</p>

	$F = \frac{mv - mu}{t}$ <p>3. 計算出 (a) 和 (b) 問的答案分別是 $2 \times 10^5 \text{N}$ 和 $3 \times 10^6 \text{N}$，反映在動量差相同的情況下，撞擊時間越短，撞擊力就越大。</p> <p>PPT 如下所示：</p> 		<p>時間越短，撞擊力越大的認識。</p>
<p>(三) 生活物理的定量計算例 2</p>	<p>1. 豎直方向上的撞擊問題，老師在 PPT 中演示例題 2:</p> <p>例 2: 一罐質量為 0.40 kg 的汽水從 30 m 高處墮下，汽水罐與地面的撞擊時間為 5 ms。假設空氣阻力可忽略不計。</p> <p>(a) 試計算汽水罐撞擊地面時的速率。</p> <p>(b) 若反彈速率可以忽略不計，試計算汽水罐撞擊地面時的平均撞擊力。</p> <p>(c) 計算平均撞擊力是汽水罐重量的多少倍？</p> <p>2. 提醒學生需先設定以向下為正方向</p> <p>3. 根據 $v = \sqrt{2gh + u^2}$ 可得撞地速率為 24.5 m/s。</p> <p>4. 根據 $F = \frac{mv - mu}{t}$，其中 $F = mg + N$，當中 N 才是撞擊過程中的撞擊力，結果 $N = 1964 \text{ N}$。</p>	<p>學生根據指引進行運算</p>	<p>此例中 $F = \frac{mv - mu}{t}$ 的 F 不是撞擊力，必須加強提醒。</p>

	<p>5. 由(c)問答案的 491 倍，向學生解釋高空擲物的危害。</p> <p>PPT 如下所示：</p> 		
<p>(四) 生活物理的定量計算例 3</p>	<p>1. 豎直方向上的撞擊問題，老師在 PPT 中演示例題 3:</p> <p>例 3: A tennis ball of mass 0.058 kg is flying towards a tennis racket at a speed of 20 m/s. If the time of impact is 0.015 s and the ball files at a speed of 30 m/s after the collision, what is the average force exerted on the ball ?</p> <p>2. 此題由學生自行完成。</p> <p>PPT 如下所示：</p> 	<p>學生獨立思考進行解題</p>	<p>培養學生獨立解題能力和閱讀英文題能力。</p>
<p>(五) 生活例子解釋</p>	<p>1. 老師以提問，學生舉手作答的方式，解釋以下生活例子：</p> <ul style="list-style-type: none"> (a) 摺疊式防撞欄 (b) 避彈衣 (c) 拳擊運動中的頭部護罩、拳套、牙膠 (d) 汽車安全氣囊、安全帶 (e) 順勢運動 	<p>思考、舉手回答問題</p>	<p>培養學生解說能力</p>

	PPT 如下所示： 		
(六) 作業	老師佈置作業	1. 書 P240 第 6、7 題 2. 動量定理補充練習 第 1、2、3、4、5 題	

第四、五課時 動量守恆定律

教案

【教學目標】

1. 理解動量守恆定律的適用條件。
2. 會推導動量守恆定律。
3. 系統內、外的概念及內力、外力的概念。
4. 會利用運動感測器驗證動量守恆定律。

【教學重點】

1. 動量守恆定律的適用條件。
2. 驗證動量守恆定律的實驗方法。

【教學難點】

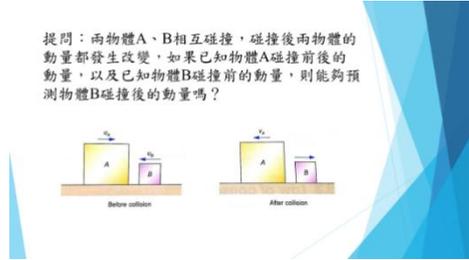
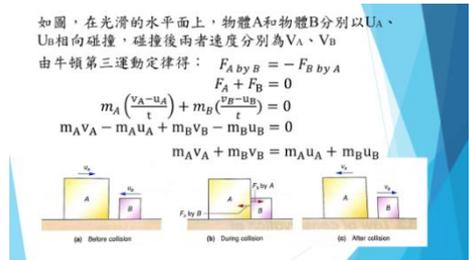
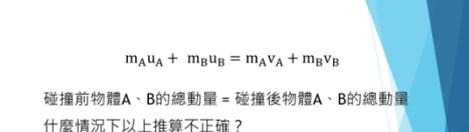
1. 系統內、外的概念。
2. 實驗中從位置---時間曲線找出速度及速度方向的正負性。

【課時安排】

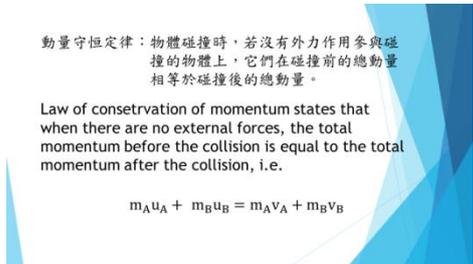
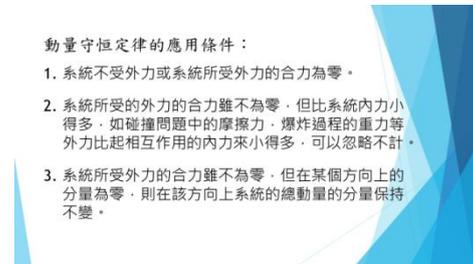
80 分鐘(共 2 課時)

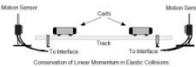
【教學過程】

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	1. 老師提問：兩物體 A、B 相互碰撞，	思考	通過提問

	<p>碰撞後兩物體的動量都發生改變，如果已知物體 A 碰撞前後的動量，以及已知物體 B 碰撞前的動量，則能夠預測物體 B 碰撞後的動量嗎？</p> <p>PPT 如下所示：</p> 		<p>學生的研究對象由一個轉移到兩個，從而帶出系統的概念。</p>
<p>(二) 動量守恒定律的推導過程</p>	<p>1. 老師由牛頓第三運動定律引導學生進行以下的推算：</p> $F_{A \text{ by } B} = -F_{B \text{ by } A}$ $F_A + F_B = 0$ $m_A \left(\frac{v_A - u_A}{t} \right) + m_B \left(\frac{v_B - u_B}{t} \right) = 0$ $m_A v_A - m_A u_A + m_B v_B - m_B u_B = 0$ $m_A u_A + m_B u_B = m_A v_A + m_B v_B$ <p>PPT 如下所示：</p> 	<p>學生抄寫筆記。</p>	<p>培養推導的邏輯思維</p>
<p>(三) 結論及反思</p>	<p>1. 老師總結出：碰撞前物體 A、B 的總動量 = 碰撞後物體 A、B 的總動量</p> <p>2. 提問學生是否任何情況下都能滿足以上關係？</p> <p>PPT 如下所示：</p> $m_A u_A + m_B u_B = m_A v_A + m_B v_B$ <p>碰撞前物體 A、B 的總動量 = 碰撞後物體 A、B 的總動量 什麼情況下以上推算不正確？</p> 	<p>學生討論</p>	

ANS：不光滑水平面

(四) 動量守恒定律的內容	<p>1. 老師利用 PPT 展示相關內容。</p> <p>PPT 如下所示：</p> 	學生在書中畫重點。	
(五) 動量守恒定律的應用條件	<p>1. 老師利用 PPT 解釋三個主要條件，並強調內力、外力的概念。</p> <p>2. 解釋什麼情況下可以忽略外力。</p> <p>3. 強調現階段所研究的是一維動量守恒問題。</p> <p>PPT 如下所示：</p> 	學生抄寫重點。	1. 內力和外力是本節的難點。
(六) 進行實驗	<p>1. 老師對實驗進行簡介，內容主要包括：主要儀器、實驗目的、實驗原理、主要操作步驟。 (詳情見附件中的實驗報告)</p> <p>2. 提醒學生運動感測器不需校準。</p> <p>3. 提醒學生注意兩小車碰撞前後速度方向正負性的設定。</p> <p>PPT 如下所示：</p>	學生進行分組實驗	培養學生實驗的動手能力

	<p>驗證動量守恆定律</p> <p>實驗簡介：</p> <p>主要儀器：運動感測器、碰撞小車、軌道</p> <p>目的：研究兩個小車發生彈性碰撞之前和之後的動量。</p> <p>原理：利用運動感測器測量兩小車碰撞前後的速度，利用天秤測量小車的質量，測量碰撞前後系統的總動量，從而驗證動量守恆定律。</p> <p>主要步驟：</p> <p>1. 實驗裝置如圖設置。</p>  <p>2. 運動感測器連接Scinece Workshop_Interface，並開啓電腦。</p> <p>3. 兩車碰撞，收集數據，得出兩車的位置----時間曲線。</p> <p>4. 注意動量正負符號取決於小車的運動方向。</p> <p>5. 完成資料表。</p> <table border="1" data-bbox="486 891 884 994"> <thead> <tr> <th>Table:表:</th> <th>Cart#1小車</th> <th>Cart#2小車</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>mass 品質(kg)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>V before碰撞前的速率 (m/s)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>mV before 碰撞前的動量(kg•m/s)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>V after 碰撞後的速率(m/s)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>mV after (kg•m/s) 碰撞後的動量</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>6. 得出結論。</p>	Table:表:	Cart#1小車	Cart#2小車	mass 品質(kg)			V before碰撞前的速率 (m/s)			mV before 碰撞前的動量(kg•m/s)			V after 碰撞後的速率(m/s)			mV after (kg•m/s) 碰撞後的動量				
Table:表:	Cart#1小車	Cart#2小車																			
mass 品質(kg)																					
V before碰撞前的速率 (m/s)																					
mV before 碰撞前的動量(kg•m/s)																					
V after 碰撞後的速率(m/s)																					
mV after (kg•m/s) 碰撞後的動量																					

第六課時 動量守恆定律的應用

教案

【教學目標】

1. 動量守恆定律與生活的聯繫
2. 學會有關動量守恆定律的邏輯運算
3. 能運用動量守恆定律解決碰撞問題、反衝現象、相互作用問題

【教學重點】

1. 動量守恆定律與動量定理的差異。
2. 動量守恆定律解決碰撞問題、反衝現象、相互作用問題

【教學難點】

1. 總動量為 0 的系統。
2. 動量守恆定律解決相互作用問題。

【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)典型的碰撞問題	<p>1. 老師在 PPT 中演示例題 1：</p> <p>簡單碰撞問題：</p> <p>例 1. 冰上曲棍球球員 A 和 B 發生碰撞。假設球員 A 的質量為 80 kg，以 5 m s⁻¹ 的速率滑行；球員 B 的質量為 60 kg，以 3 m s⁻¹ 的速率沿相反方向向球員 A 滑行。若他們碰撞後“黏”在一起，他們碰撞後的共同速度是多少？</p> <p>2. 解釋“冰”意味光滑水平面，代表以球員 A 和 B 為系統，系統受合外力為零，滿足動量守恒條件。</p> <p>3. 解釋“黏在一起”意味碰撞後，兩者速度一樣。</p> <p>4. 利用動量守恒定律：</p> $m_A u_A + m_B u_B = m_A v_A + m_B v_B$ $m_A u_A + m_B u_B = (m_A + m_B) v_{\text{共}}$ $80 \times 5 + 60 \times (-3) = (80 + 60) v_{\text{共}}$ <p>解得：$v_{\text{共}} = 1.57 \text{ m/s}$</p> <p>5. 向學生提問：動量定理和動量守恒定律都曾解決有關碰撞問題？它們之間有何不同？</p> <p>6. 向學生總結：</p> <p>(a) 動量定理研究的碰撞問題中，研究對象是碰撞雙方中的其中一</p>	<p>1. 學生進行運算。</p> <p>2. 反思動量定理和動量守恒定律的不同。</p>	<p>1. 本題是最典型的動量守恒定律問題。</p> <p>2. 學生通過反思，鞏固動量守恒定律的理解，明白動量守恒定律與動量定理的差異。</p>

	<p>方，分析它們間的內力或其中一方的動量變化。</p> <p>(b) 動量守恒定律研究的碰撞問題中，研究對象是整個碰撞系統，分析它們的動量或速度。</p> <p>PPT 如下所示：</p> <div data-bbox="469 539 916 779" data-label="Image"> </div>		
<p>(二) 反衝現象</p>	<p>1. 老師在 PPT 中演示例題 2:</p> <p>反衝現象：</p> <p>例 2. A bullet of mass 10 g is fired at a speed of 500 m s⁻¹ from a rifle.</p> <p>(a) If the mass of the rifle is 8 kg, find the recoil speed of the rifle.</p> <p>(b) After improvement, the bullet is fired at a greater speed of 600 m s⁻¹. What would be the change in the total momentum of the system, and the recoil speed of the rifle ?</p> <p>2. 解釋系統初始總動量為 0。</p> <p>由 $0 = m_A v_A + m_B v_B$</p> <p>可得 $V = -\frac{mv}{M} = -\frac{0.01 \times 500}{8} = -0.625 \text{ m/s}$</p> <p>3. 講解噴氣式飛機、火箭等都是反衝現象的穴例。</p> <p>PPT 如下所示：</p> <div data-bbox="480 1890 916 2123" data-label="Image"> </div>	<p>學生進行運算</p>	<p>1. 本例題是生活中較易理解的例子。</p>

<p>(三) 相互作用問題 1</p>	<p>1. 老師在 PPT 中演示例題 3:</p> <p>相互作用問題： 例 3. 某人站在靜浮於水面的船上，從某時刻開始人從船頭走向船尾，設水的阻力不計，那麼在這段時間內人和船的運動情況是()</p> <p>A. 人勻速行走，船勻速後退，兩者速度大小與它們的質量成反比。 B. 人加速行走，船加速後退，而且加速度大小與它們的質量成反比。 C. 人走走停停，船退退停停，兩者動量總和是為零。 D. 當人從船頭走到船尾停止運動後，船由於慣性還會繼續後退一段距離。</p> <p>2. 解釋人和船間的相互作用力為內力，水的阻力不計，代表系統受合外力為 0，滿足動量守恆定律。</p> <p>3. 解釋系統初始總動量為 0 由 $0 = mv - MV$ 可得 $\frac{v}{V} = \frac{M}{m}$</p> <p>PPT 如下所示：</p> <div data-bbox="470 1541 916 1787" style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: #f0f0f0;"> <p>相互作用問題： 例3. 某人站在靜浮於水面的船上，從某時刻開始人從船頭走向船尾，設水的阻力不計，那麼在這段時間內人和船的運動情況是()</p> <p>A. 人勻速行走，船勻速後退，兩者速度大小與它們的質量成反比。 B. 人加速行走，船加速後退，而且加速度大小與它們的質量成反比。 C. 人走走停停，船退退停停，兩者動量總和是為零。 D. 當人從船頭走到船尾停止運動後，船由於慣性還會繼續後退一段距離。</p> </div>	<p>學生思考及討論</p>	<p>用動量守恆定律解決相互作用問題是本節難點，完成後向學生引申跳上船/車問題，跳落船/車問題，也可用同樣方法解決。</p>
<p>(四) 相互作用問題 2</p>	<p>1. 老師在 PPT 中演示例題 3:</p> <p>相互作用問題： 例 4. 如圖所示，兩長方體 A、B 緊靠</p>		<p>本題是較複雜的相互作用問題，以子</p>

	<p>着放在光滑水平面上，其質量 $m_A = 2\text{ kg}$，$m_B = 3\text{ kg}$。一質量 $m = 100\text{ g}$ 的子彈以速度 $v_0 = 800\text{ m/s}$ 水平射入 A，經 $t = 0.01\text{ s}$ 又射入 B (未穿出)。設子彈射入 A 時所受摩擦力 $F_f = 3 \times 10^3\text{ N}$，求：</p> <p>(1) 子彈射入 A 的過程中，B 受到 A 的推力。</p> <p>(2) 子彈與 B 相對靜止時，A、B 的速度。</p> <p>2. 解釋系統包括子彈、A 和 B，摩擦力是內力，系統滿足動量守恆，注意是整個過程，即任何時刻總動量保持不變。</p> <p>3. 射入 A 的過程中，A 和 B 一起運動，它們有相同的加速度。</p> $a = \frac{F}{m_A + m_B} = \frac{3 \times 10^3}{2 + 3} \text{ m/s}^2 = 600 \text{ m/s}^2$ <p>B 只受 A 向右推的力 $F_B = m_B a = 3 \times 600 = 1800\text{ N}$</p> <p>4. 子彈射穿 A 的過程中，A 在加速，加速至 $v_A = at = 600 \times 0.01 = 6\text{ m/s}$ 射穿 A 後，A、B 分離，A 向右做勻速直線運動，子彈和 B 相互作用，使 B 向右加速，由於任何時刻總動量保持不變。</p> $mv_0 = m_A v_A + (m + m_B) v_B$ <p>得 $v_B = \frac{mv_0 - m_A v_A}{m + m_B} = \frac{0.1 \times 800 - 2 \times 6}{0.1 + 3} \text{ m/s} \approx 22\text{ m/s}$</p>	<p>彈、A 和 B 為系統，整過程中，它們的動量發生傳遞，但總動量保持不變。</p>
--	---	---

	<p>PPT 如下所示：</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: #f0f0f0;"> <p>相互作用問題：</p> <p>例4. 如圖所示，兩長方體A、B緊靠着放在光滑水平面上，其質量$m_A = 2\text{ kg}$，$m_B = 3\text{ kg}$。一質量$m = 100\text{ g}$的子彈以速度$v_0 = 800\text{ m/s}$水平射入A，經$t = 0.01\text{ s}$又射入B(未穿出)。設子彈射入A時所受摩擦力$F_f = 3 \times 10^3\text{ N}$，求：</p> <p>(1) 子彈射入A的過程中，B受到A的推力。 (2) 子彈與B相對靜止時，A、B的速度。</p>  </div>		
(五) 作業	老師佈置作業	動量守恒定律補充練習 第 1、3、5、7、9 題	

參、試教評估

第一課時	動量	由生活中的照片引入，學生對動量的理解較好，老師講解基本概念後，大部份學生能對生活中的例子作用科學性的解釋，並能完成簡單計算。
第二課時	衝量和動量定理	學生能理解動量和衝量的差異和關係，對動量定理的推導也較易接受，但對實驗短片部分內容較含糊，主要的 F-t 圖和 v-t 圖的關係。
第三課時	動量定理的應用	大部分學生對生活中有關撞擊的引入較感興趣，3 題有關生活例子的定量計算也理解得較好，但課後練習作業中第 5 題完成得較差。
第四及五課時	動量守恒定律	完成本節內容後，學生對動量守恒的條件和推導過程理解得較好。實驗過程中，動手操作問題不大，但對數據處理能力較差，特別是小車撞前、撞後的方向正負性。
第六課時	動量守恒定律的應用	學生對“簡單碰撞問題”、“反衝現象問題”理解較好，但對“相互作用問題”的應用理解較弱，主要反映在作業上。

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；而在實驗數據的處理方面表現最差，這方面在學生實驗報告和演示實驗時學生反應可知。因此未來應增加兩課時，在實驗短片方面，預留更多時間講解有關 F-t 圖和 v-t 圖的關係，並會增加習題課，講解更多有關動量定理和動量守恆定律的計算技巧。

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. 物理 暨南大學出版社
5. 生活與物理 力學 Longman
6. www.google.com
7. www.baidu.com

附錄

試教相片

課後練習紙

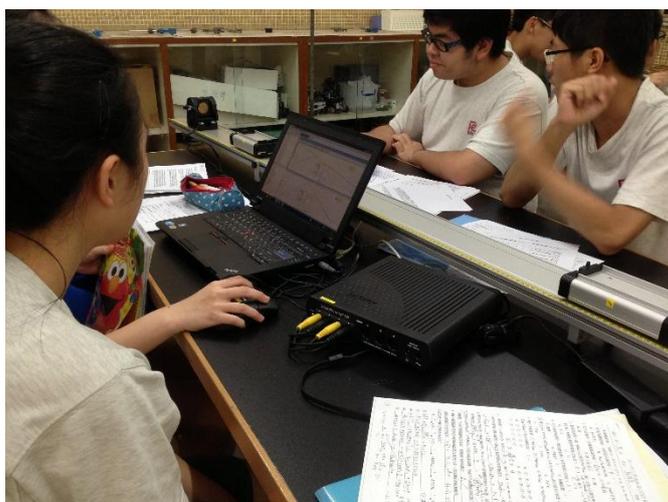
實驗報告

部份學生實驗報告

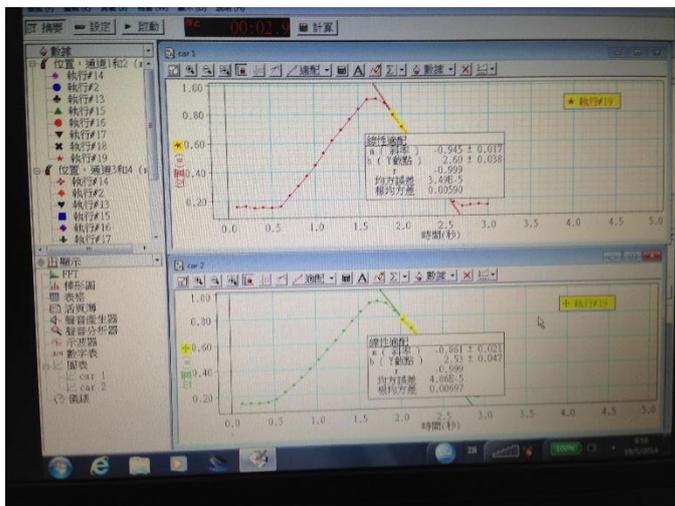
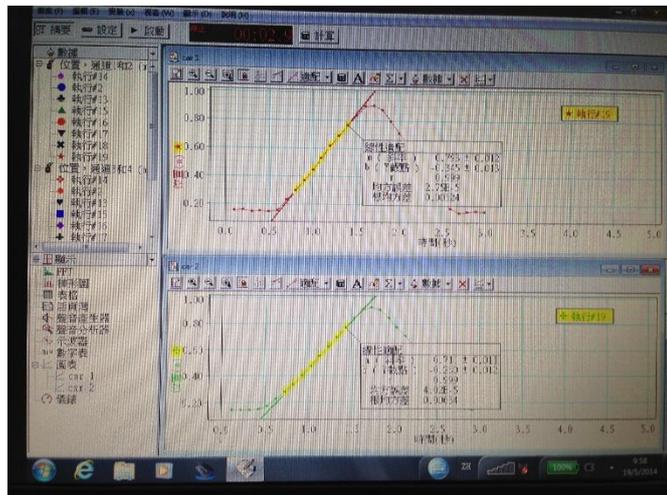
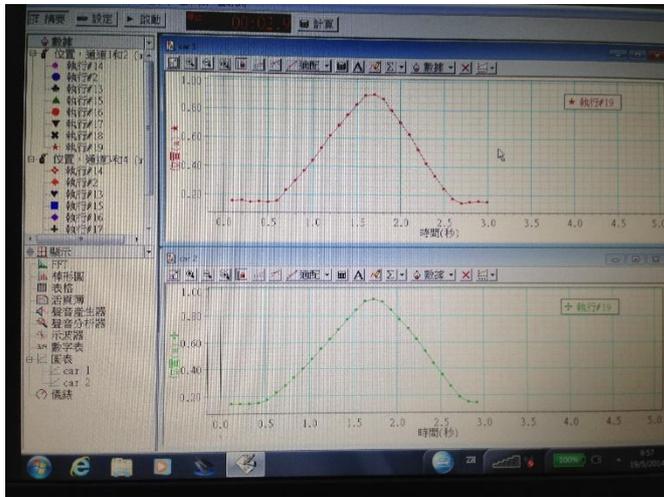
所附光碟包含以下內容：

- * C090 教案—從生活到物理—動量
- * 教學投影片(資料夾) (內含 5 個投影片)
- * 試教相片(資料夾)
- * 實驗影片(1 個)

試教相片



試教相片



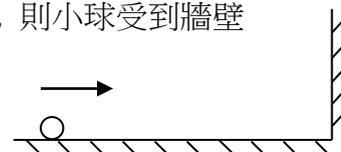
動量定理補充練習

班別：高一____班

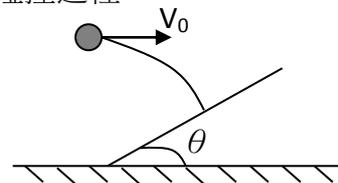
姓名：_____

學號：____號

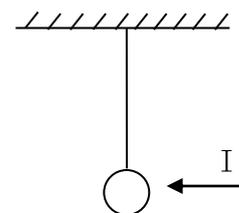
1. 質量為 m 的小球從高 h_1 處自由下落，觸地後反彈 h_2 ，觸地過程小球動量變化大小是多少？
2. 一質量為 0.1kg 的小球從 0.8m 高處自由下落到一厚軟墊上，若從小球接觸軟墊到小球陷至最低點經歷 0.2s ，則這段時間內軟墊對小球的衝量為多少？
3. 一質量為 0.4kg 的小球沿光滑水平面以 0.5m/s 的速率衝向牆壁，又以 0.4m/s 的速率被牆反彈回如圖所示，若球與牆壁的作時間為 0.05s ，則小球受到牆壁的平均衝力為多少牛？



4. 質量為 60kg 的人，不慎從高空支架上跌落，由於彈性安全帶的保護，使他懸掛在空中。已知安全帶長 5m ，其緩衝時間是 1.2s ，則安全帶受到的平均衝力大小是多少 N ？
5. 如圖所示，質量為 m 的小球以速度 v_0 水平拋出，恰好與傾角為 30° 的斜面垂直相碰，其彈回速度的大小與拋出的速度大小相等，則小球與斜面碰撞過程中受到的衝量大小為多少？



6. 汽車在平直公路上加速運動，已知汽車的質量為 m ，所受阻力為 f ，經過時間 t ，其速度由 v_1 增大到 v_2 ，則這段時間內汽車動量的改變量為多少？牽引力的衝量是多少？汽車所受外力的衝量是多少？
7. 用汽錘鍛打工件，已知汽錘質量為 100kg ，從 5m 高處自由落下，擊打工件的作用時間為 0.2s ，擊打後汽錘沒有被彈起，則汽錘對工件的平均打擊力為多少 N ？
8. 一根質量不計，長 0.5m 能承受最大拉力為 36N 的繩子，一端固定在天花板上，另一端繫一質量為 2kg 的小球，整個裝置處於靜止狀態，如圖所示，若要將繩子拉斷，作用在球上的水平衝量應大於多少 $\text{N}\cdot\text{s}$ ？

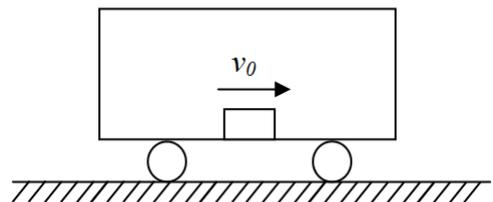


9. 兩質量、大小完全相同的正方體木塊 A、B，靠在一起放在光滑水平面上，一水平射來的子彈先後穿透兩木塊後飛出，若木塊對子彈的阻力恒定不變，子彈射穿兩木塊的時間相同，則子彈射穿後 A、B 兩木塊的速度之比為多少？

動量守恆定律補充練習

班別：高一____班 姓名：_____ 學號：____號

1. 質量為 1 kg 的物體在距離地面高 5 m 處由靜止自由下落，正落在以速度為 5 m/s 沿光滑水平面勻速行駛的載沙小車中。車與沙子的總質量為 4 kg ，當物體與小車相對靜止後，試計算小車的速度。
2. 質量是 90 kg 、速度為 1 m/s 的小車，在光滑水平面上做直線運動，質量是 60 kg 的人，以 2 m/s 的速度迎面跳上小車，跟小車一起運動，試計算：
 - ① 他們的速度及方向為何？
 - ② 在該過程中人對小車的沖量及方向為何？
3. 甲乙兩個溜冰者，質量分別為 50 kg 和 52 kg ，甲手中拿着一個質量為 2 kg 的球，兩人均以 2 m/s 的速度在冰面上相向而行，甲將球拋給乙，乙再將球拋給甲，這樣拋接若干次後，甲的速度變為零，試計算此時乙的速度。(設在此過程中沒有蹬冰，且不計冰面的阻力)
4. 質量為 100 kg 的甲車連同質量 50 kg 的人一起以 2 m/s 的速度在光滑水平面上向前運動，質量為 150 kg 的乙車以 7 m/s 的速度由後面追來，為避免相撞，試計算當兩車靠近時甲車上的人至少應以多大水平速度跳上乙車。
5. 如右圖所示，車廂的質量為 M ，長度為 L ，靜止在光滑水平面上，質量為 m 的小木塊以 v_0 的速度無摩擦地在車廂底板上向右運動，木塊與前車壁碰撞後以 $v_0/2$ 向左運動，試計



算經過多長時間後木塊將與後車壁相碰。

6. 質量為 M 的平板車上站一個質量為 m 的人，人和車一起以速率 v_0 沿光滑水平面向右運動。若想使車相對於地面靜止，人需相對於車以多大的速率向哪個方向跑動？
7. 一輛總質量為 M 的列車，在平直軌道上以 v 勻速行駛，突然後一節質量為 m 的車廂脫鉤，假設列車受到的阻力與質量成正比，牽引力不變，則當後一節車廂剛好靜止的瞬間，前面列車的速率為多大？
8. An arrow of mass 100 g is shot into a block of wood of mass 400 g lying at rest on a smooth icy surface. **(a)** If at the moment of impact the arrow is travelling horizontally at 15 m/s, calculate the common velocity after the impact. **(b)** Calculate the common velocity if the block is then struck by a second similar arrow travelling in the same direction but with horizontal velocity of 12 m/s.
9. A man of mass 70 kg stands on a trolley of mass 130 kg which stays at rest on frictionless rails. The man fires a machine gun in a direction parallel to the rails. If the gun fires 10 rounds per second at a speed of 200 m/s, and the mass of each bullet is 50 g, what is the direction and velocity of the trolley after a continuous firing for half minute?

Experiment P16:

Conservation of Linear Momentum I

線性動量守恆I(Motion Sensor)運動感測器

Concept: Newton's Laws 概念：牛頓定律

Time: 45 m

SW Interface: 700

Macintosh_ file: P16 Cons. of Momentum 1

Windows_ file: P16_CON1.SWS

EQUIPMENT NEEDED所需儀器

- *Science Workshop_ Interface*
- base and support rod (two)鐵架台 (2)
- motion sensor (two)運動感測器 (2)
- collision cart (two)碰撞小車 (2)
- adjustable feet, track (two)
- track, 2.2 meter軌道，2.2m
- balance (for measuring mass) 天平 (用於測量品質)

PURPOSE目的

The purpose of this laboratory activity is to investigate the momentum of two carts before and after an elastic collision.本實驗的目的是研究兩個小車發生彈性碰撞之前和之後的動量。

THEORY原理

Momentum is conserved during collisions. The momentum of an object is the product of its mass and its velocity. By the law of Conservation of Momentum, the sum of the momenta in a system prior to a collision (or other interaction) equals the sum of the momenta in the system after the collision. 碰撞中動量是守恆的。一個物體的動量等於它的品質與速度的乘積。根據**動量守恆定律**，碰撞（或其它相互作用）前一個系統中的動量之和等於碰撞後這個系統中的動量之和：

$$m_1 \dot{v}_1 + m_2 \dot{v}_2 = m_1 \dot{v}'_1 + m_2 \dot{v}'_2$$

If external forces such as friction are ignored, the sum of the momenta of two carts prior to a collision is the same as the sum of the momenta of the carts after the collision. 如果忽略外力（如摩擦力），碰撞前兩個小車的動量之和碰撞後這兩個小車的動量之和應該相等。

PROCEDURE步驟

For this activity, motion sensors will measure the motion of two carts during an elastic collision. The *Science Workshop* program calculates position for both carts. A graph of the motion for both carts reveals their momenta before and after the collision. 在這個實驗中，運動感測器將測量兩個小車在彈性碰撞過程中的運動情況。*Science Workshop* 程式將計算兩個小車的位置。兩小車運動曲線圖將顯示它們在碰撞之前和之後的動量。

PART I: Computer Setup電腦設置

1. 將 *ScienceWorkshop* 介面連接到電腦上，打開介面，然後打開電腦。
2. 將一個運動感測器的身歷聲插頭連接到介面上的數位通道1和2。把黃色鑲邊的（脈衝）插頭插入數位通道1，第二個（回聲）插頭插入數位通道2。
3. 將另一個運動感測器的身歷聲插頭連接到介面上的數位通道3和4。把黃色鑲邊的（脈衝）插頭插入數位通道3，第二個（回聲）插頭插入數位通道4。
4. 打開如下命名的ScienceWorkshop文件：
 1. Connect the *Science Workshop* interface to the computer, turn on the interface, and turn on the computer.
 2. Connect one motion sensor's phone plugs to Digital Channels 1 and 2 on the interface. Plug the yellow-banded (pulse) plug into Digital Channel 1 and the second plug (echo) into Digital Channel 2.
 3. Connect the second motion sensor's phone plugs to Digital Channels 3 and 4 on the interface. Plug the yellow-banded (pulse) plug into Digital Channel 3 and the second plug (echo) into Digital Channel 4.
4. Open the *Science Workshop* file titled as shown:

Macintosh: P16 Cons. of Momentum 1

Windows: P16_CON1.SWS

- The document will open with a Graph display of Position (m) versus Time (sec)

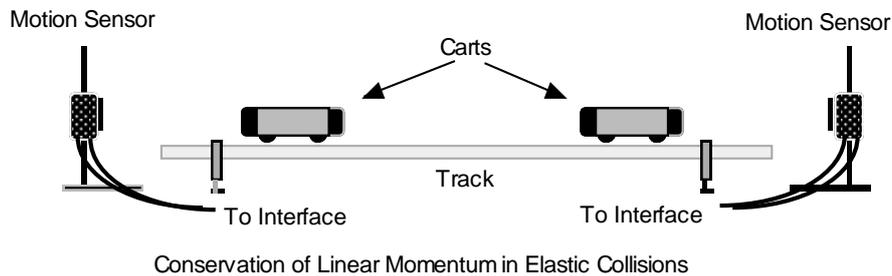
for two objects.檔將打開並帶一個兩物體的位置 (m) ——時間 (s) 圖表顯示。

- The Experiment Setup window has been resized. If you want to expand the Experiment Setup window to its original size, click on the “Zoom” box in the upper right hand corner of the window. (Note: To bring a display to the top, click on its window or select the name of the display from the list at the end of the Display menu.) 實驗設置視窗的大小已經過調整。如果你想將實驗設置視窗擴張到它的原始尺寸，可按一下視窗右上角的“Zoom”框。（注意：欲將一個顯示帶到前臺，按一下其所在視窗或從顯示功能表底部的清單中選擇該顯示的名稱。）

PART II: Sensor Calibration and Equipment Setup感測器校準和儀器設置

- You do not need to calibrate the motion sensors for this experiment. However, if you would like to calibrate the motion sensors, refer to the instruction manual. 你無須校準本實驗中的兩個運動感測器。不過，如果你想校準運動感測器，可參考說明書。
 1. Place the track on a horizontal surface. 把軌道放在一個水平面上。
 2. Level the track by placing a collision cart on the track. If the cart rolls one way or the other, use the adjustable feet at one end of the track to raise or lower that end until the track is level and the cart will not roll one way or the other. 把動力學小車放在軌道上，將軌道調整至水準。如果小車只在這一條或那一條軌道上滾動，調整軌道一端的可調腳來提高或降低那一端，直到軌道處於水準位置且小車不會只在一個軌道上滾動為止。
 3. Use the balance to find the mass of each cart and record the values in the Data Table. 用天平稱量每個小車的品質，並把測量值記錄在資料表中。
 4. Mount each motion sensor on a support rod and base, and position one sensor at each end of the track. Place a cart at each end of the track. Adjust each motion sensor so that it can measure the motion of the cart nearest to it as that cart moves from the end of the track toward the middle of the track and back again. Remember that the minimum distance from the sensor to the cart it will measure is 0.40 m. Put marks on the track at spots that are 0.40 m from each motion sensor. 將兩個運動感測器分別安裝在兩個鐵架臺上，然後分別放在軌道的兩頭。把兩個小車分別放在軌道的兩端。調整每個感測器的位置，以便測量離它最近的小車從軌道一端向中間運動又返回時的運動情況。記住，感測

器可以測量的它到小車的最小距離是0.40m。在軌道上距離每個感測器0.40m的點處都作上記號。



PART III: Data Recording 資料記錄

1. Prepare to measure the motion of each cart as it moves toward the other cart and then collides elastically by placing a cart at each end of the track. (Be sure the magnetic ends of the collision carts will repel.) 將兩個小車分別放在軌道的兩端，準備測量小車相向運動然後發生彈性碰撞時的運動情況。
 2. Click the “REC” to begin data recording. 按一下 “REC” 按鈕開始資料記錄。
 3. Gently push the carts toward each other at the same time. Continue collecting data until the carts have collided and returned to the ends of the track. 同時把兩小車向著彼此的方向輕輕推動。繼續收集資料，直到兩小車發生了碰撞且都返回到軌道末端為止。
 4. Click the “STOP” button to end data recording. 按一下 “停止” 按鈕結束資料記錄。
- The plots of the position versus time for each cart will appear in the Graph display. “Run #1” will appear in the Data list in the Experiment Setup window. 每個小車的位置——時間曲線都將出現在圖表顯示中。Run #1將出現在實驗設置視窗的資料清單中。
 - If your data is not displayed after collection, click on the Autoscale button in the lower left corner of the graph window. (If the data points still do not appear on the graph, check the alignment of the motion sensors and the carts and try again.) 如果你收集了資料卻沒有顯示出來，按一下圖表視窗左小角的自動分度按鈕。（如果資料點仍然沒有出現在圖表中，檢查運動感測器和小車的對齊情況，然後再試一次。）

- **Troubleshooting Note:** If your data is not smooth, check the alignment of the motion sensors. You may need to increase the reflecting area of each cart by attaching a rectangular cardboard “flag” (about 2 x 6”) to the front of the cart. To erase a trial run of data, select “Run #1” in the data sets list and press the “Delete” key. 故障處理注釋：如果你的資料不光滑，檢查運動感測器的對齊情況。你可能需要在每個小車的前面貼上一塊矩形紙板“旗”（大約2x6”），來增大小車的反射面積。要消去某次實驗的資料，從資料設置清單中選擇“試驗#1”，然後按下“Delete”鍵。

ANALYZING THE DATA分析資料

Find the slope of the position versus time curve for each cart prior to collision and the slope of the curve for each cart after collision. The slope is the average speed of the cart. Compare the total momentum of the two carts before the collision with the total momentum of the two carts after the collision. 分別找出每個小車碰撞之前和碰撞之後的位置——時間曲線的斜率。斜率就是這個小車的平均速度。將兩個小車碰撞之前的總動量和碰撞之後的總動量作比較。

1. Click on the Graph to make it active. Select “Save As_” from the File menu to save your data. Optional: If a printer is available, select “Print Active Display” from the File menu. 按一下圖表使之活動。從檔功能表中選擇**Save As_**來保存你的資料。選做：如果印表機可用，從檔功能表中選擇“列印活動顯示”。
2. Click the “Statistics” button to open the Statistics area on the right side of the Graph. 按一下“統計”按鈕來打開圖表右邊的統計區。
3. Click the “Statistics Menu” button and select “**Curve Fit, Linear Fit**” from the Statistics menu. 按一下“統計功能表”按鈕，從統計功能表中選擇“**Curve Fit, Linear Fit**”。
4. In the plot area for the first sensor, use the mouse to click-and-draw a rectangle around the region of the position versus time plot for Cart #1 that shows its motion before the collision. 在第一個感測器的曲線區，用滑鼠按一下並圍繞1#小車的位置——時間曲線中顯示小車碰撞之前的運動情況的區域畫一個矩形。
5. Do the same for the plot of position versus time for Cart #2. 對2#小車的位置

置——時間曲線進行同樣的操作。

6. The slope of the selected region is coefficient “**a2**” in the Statistics area. This gives the average speed of each cart before collision. Record the average speed and use this value and the mass of each cart to calculate its momentum before the collision. 所選區域的曲線斜率即統計區中的係數“**a2**”。它給出了每個小車碰撞之前各自的平均速率。記錄這個平均速率，並用它和小車的品質來計算小車碰撞之前的動量。
 - Remember that momentum is a vector quantity, and that the momentum of one cart will be negative due to its direction of motion. 記住動量是一個向量，小車的動量是否為負值取決於它的運動方向。
7. Use the mouse to click-and-draw a rectangle around the region of the position versus time plot for Cart #1 that shows its motion AFTER the collision. Do the same for the plot of position versus time for Cart #2. 用滑鼠按一下並圍繞1#小車的位置——時間曲線中顯示小車碰撞之後的運動情況的區域畫一個矩形。對2#小車的位置——時間曲線進行同樣的操作。
8. The slope of the selected region gives the average speed of each cart AFTER collision. Record the average speed and use this value and the mass of each cart to calculate its momentum AFTER the collision. Remember that momentum is a vector quantity, and that the momentum of one cart will be negative due to its direction of motion. 所選區域的曲線斜率給出了每個小車碰撞之前各自的平均速率。記錄這個平均速率，並用它和小車的品質來計算小車碰撞之後的動量。記住動量是一個向量，小車的動量是否為負值取決於它的運動方向。

DATA TABLE資料表

Table:表：	Cart#1 小車	Cart#2 小車
mass 品質(kg)		
V before 碰撞前的速率(m/s)		
mV before 碰撞前的動量(kg•m/s)		
V after 碰撞後的速率(m/s)		
mV after (kg•m/s) 碰撞後		

的動量		
-----	--	--

碰撞前的總動量 $\text{total } mV_{\text{before}} = \underline{\hspace{2cm}}$

碰撞後的總動量 $\text{total } mV_{\text{after}} = \underline{\hspace{2cm}}$

QUESTIONS問題

1. How does the total momentum before the collision compare to the total momentum after the collision? 碰撞前的總動量和碰撞後的總動量相比較如何？
2. What factors do think may cause there to be a difference between the momentum before and the momentum after collision? 你認為是什麼因素造成了碰撞前的總動量和碰撞後的總動量有所不同？

OPTIONAL選做

Repeat the experiment for different speeds. Find the speeds for which the difference in momentum before and after collision is least. Repeat the experiment with different masses added to the carts. 改變不同的速度，重複這一實驗；找出碰撞前後的動量差別最小的速度。改變小車的不同品質（加減物塊），重複這一實驗。

EXTENSION擴充

Use the Calculator Window to create a formula for the momentum of each cart. Add a plot to the Graph or change one of the existing plots so it displays Momentum vs Time. Compare the momentum before the collision to the momentum after the collision. 用計算器視窗創建一個公式，用於計算每個小車的動量。往圖表中增加一條曲線或改變現有的一條曲線，這樣圖表就可以顯示動量——時間關係曲線了。將碰撞前的動量和碰撞後的動量作比較。

部份學生實驗報告