

## 第二章 動量與角動量

### 重點內容

### 2-1 動量與衝量



#### (一)動量(momentum)：

##### A、定義：

- (1)為物體在運動狀態時所具有的物理量，物體的質量與速度的乘積，稱為動量。
- (2)動量可視為改變物體運動狀態的難易程度。

##### B、關係式：

- (1)向量式： $\vec{P}=m\vec{v}$
- (2)單位： $\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}$

##### C、討論：

- (1)動量為向量，具有方向性，其方向和物體運動的速度同方向。
- (2)質量相同時，速度愈快，動量愈大；速率相同時，質量愈大，動量愈大。
- (3)動量愈大的物體，運動狀態愈不容易改變。
- (4)兩車對撞時，若速度愈快，則受損愈嚴重；  
同樣地，相同速度時，質量愈大，受損也愈嚴重；  
可知動量與物體碰撞時的受力有關。



#### (二)牛頓第二定律與動量：

##### A、牛頓第二定律與動量的關係：

$$(1) \vec{F} = ma = m \times \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

$$\Rightarrow \vec{F}\Delta t = m\Delta \vec{v} = m(V_2 - V_1) = mV_2 - mV_1 = P_2 - P_1 = \Delta P$$

$$\text{或 } \vec{F} = \frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t} \text{ 可作為力的『操作型定義』。}$$

##### (2) 物體受定力時，做等加速度運動，此時物體的末速

$$V = V_0 + at \quad \text{而依牛頓運動定律 } F = ma \quad \Rightarrow \quad a = \frac{F}{m}$$

$$\text{因此 } V = V_0 + \frac{F}{m}t \quad \Rightarrow \quad mV = m \cdot V_0 + F \cdot t \quad \Rightarrow \quad m \cdot V - m \cdot V_0 = F \cdot t$$

$$\Rightarrow \text{力} \times \text{作用時間} = \text{末動量} - \text{初動量}$$

##### B、 $\vec{F} = \frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t}$ 的物理意義：

- (1) 物體在單位時間內的動量變化，即為所受的力。
- (2) 物體所受的外力等於動量的時變率。
- (3) 物體受到外力作用時，會產生動量的變化。
- (4)  $\frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t}$  可作為牛頓第二運動定律的原始形式。



### (三)衝量(Impulse):

A、 $\vec{J} = \vec{F} \cdot \Delta t = \Delta \vec{P}$  的物理意義:

(1)導致物體動量變化的原因有二:

甲、作用於物體的外力  $F$ 。

乙、外力作用於物體上持續的時間  $\Delta t$ 。

(2) $\vec{F} \cdot \Delta t$  稱為衝量( $\vec{J}$ )，物體所受的衝量，等於動量的變化( $\Delta \vec{P}$ )。

(3)衝量為造成物體運動狀態改變的物理量。

B、衝量的物理意義:

(1)衝量( $\vec{J}$ )的方向與物體受力( $\vec{F}$ )的方向、物體運動時加速度( $\vec{a}$ )的方向、物體速度變化( $\Delta \vec{v}$ )的方向、物體的動量變化( $\Delta \vec{P}$ )，這五個物理量必為同方向。

(2)物體受力的方向不變，僅大小不同時，可以  $F-t$  圖下的面積，表示動量的變化。

甲、當  $F$  為『+值』時，代表衝量為正值，此時動量增加。

乙、若  $F$  為『-值』時，代表衝量為負值，此時動量減少。

<p>1. <math>F</math> 為定值時，衝量</p> $\vec{J} = \vec{F} \cdot t = \Delta \vec{P}$ $= \vec{P}_f - \vec{P}_i = m \cdot (\vec{V}_f - \vec{V}_i)$ <p>2. 拋體運動時，物體受重力為定值，此時物體的動量變化，可用衝量來分析。</p>	<p>1. 若 <math>F</math> 為隨時間線性增加的作用力時，則總衝量 =</p> $\vec{J} = \vec{F} \cdot \Delta t = \frac{(\vec{F}_1 + \vec{F}_2)}{2} (t_2 - t_1) = \vec{F}_{\text{平均力}} \cdot \Delta t$ <p>2. 彈簧的虎克定律 <math>F = kx</math>，將彈簧伸長後，物體在不同彈簧長度下的動量變化，可用衝量來分析。</p>
<p>1. 若 <math>F</math> 為不同方向及大小的定力時，</p> $\text{總衝量} = \vec{J}_1 + \vec{J}_2 - \vec{J}_3 = \Delta \vec{P}$ $= \vec{P}_f - \vec{P}_i = m \cdot (\vec{V}_f - \vec{V}_i)$ <p>2. 物體在運動過程，不同階段受到不同作用力，則 <math>F-t</math> 圖形下面積為各階段的動量變化，而總面積，則為物體在運動過程中的總動量變化。</p>	<p>1. 若 <math>F(t)</math> 為隨時間而變化的函數時，此時 <math>F-t</math> 圖形為時間的函數圖，則衝量 = <math>F-t</math> 圖形下的面積，可以積分求得面積。</p> <p>2. 作用力為時間函數的動量變化，不屬於高中教材內容，暫時不與討論。</p>

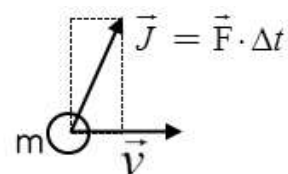
$P_f$ : 物體末動量     $P_i$ : 物體初動量

$V_f$ : 物體末速

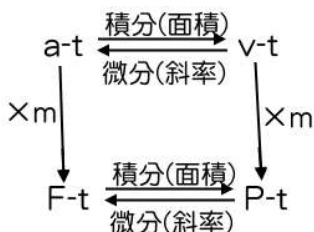
$V_i$ : 物體初速

(3)若衝量與物體初動量不平行，先將衝量分解為 $\vec{J}_x$ 及 $\vec{J}_y$ 方向，再分別求其動量變化。

$$\begin{aligned}\vec{J} &= J_x \vec{i} + J_y \vec{j} = F_x \cdot \Delta t \vec{i} + F_y \cdot \Delta t \vec{j} \\ &= \Delta P_x \vec{i} + \Delta P_y \vec{j} = \Delta \vec{P}\end{aligned}$$



(4)a-t 與 v-t 關係的轉換，類比於 F-t 與 P-t 關係的轉換：



C、生活實例：

(1)玻璃杯落地至停止，動量變化相同，

甲、落在水泥地上，接觸時間短，玻璃杯受力大，容易破裂。

乙、落在地毯上，接觸時間增長，玻璃杯受力較小，不易破裂。

(2)飛機在遭遇緊急情況時，當安全門打開，會出現逃生滑梯及逃生氣墊，以協助乘客緊急逃生，此時氣墊的作用即在避免乘客在逃生時遭遇嚴重的碰撞，以減少傷亡。

(3)大樓發生火災時，消防員在地面鋪設救生氣墊，可幫助災民在危急時跳樓逃生，藉著救生氣墊的緩衝作用，可以減少受到的傷害。

(註：救生氣墊的使用限制及可能衍生的危險性，請注意影片說明)

(4)躲避球比賽時，場上的隊員遇到對手的攻擊球時，可順著球運動的方向，在接球時順勢將手臂向身體內縮，如此較容易接住快速的攻擊球。

(5)從高處跳下與地面接觸時，將雙腳彎曲，可以延長雙腳受力的時間，使膝蓋受力減小，較不易受到傷害。

(6)立定跳高時，身體先向下蹲，然後向上彈起，身體蹲下的作用是在增加向上彈跳時，腿部施力作用的時間增加，可增加向上跳高的離地初速，如此可獲得較大的垂直高度。

(7)棒球比賽中，投手投出快速變化球，而捕手則伸出手套，一面接球，一面後退，主要目的在延長受力的時間，減少手套所受的衝力。

(8)棒球比賽中，投手投球將手大幅度地向後拉，可延長對球施力的時間，使球離手後的動量增大，投出的球速率愈快，愈不易被擊出。

(9)汽車座位上的安全帶，藉著汽車受到撞擊時，能延長身體向前衝撞的時間，來減緩高速碰撞時的衝力。

(10)汽車裝置安全氣囊，是希望在發生意外時，能藉著延長撞擊的時間，來緩衝身體所遭受巨大的撞擊力。

(11)網球比賽，選手愈用力揮拍，網球前進的速率愈快，動量愈大；而對手反擊時，需改變的動量愈多，因此也需愈用力，愈不容易反擊。



**觀念澄清****2-1 動量與衝量**

- \_\_\_\_ 1.物體從空中自由落下，其重力固定，運動過程動量為定值。  
\_\_\_\_\_
- \_\_\_\_ 2.雞蛋從高處落至沙堆中較水泥地不易破裂，是因為雞蛋在沙堆的動量變化較小。  
\_\_\_\_\_
- \_\_\_\_ 3.物體受力愈大時，動量愈大。  
\_\_\_\_\_
- \_\_\_\_ 4.使用安全帶的目的是可使乘客較容易固定在座位上。  
\_\_\_\_\_
- \_\_\_\_ 5.動量的方向與力的方向一致。  
\_\_\_\_\_
- \_\_\_\_ 6.多質點的系統，其總動量為每個質點的動量量值總和。  
\_\_\_\_\_
- \_\_\_\_ 7.一個系統內的總動量為零時，則各質點的動量為零。  
\_\_\_\_\_
- \_\_\_\_ 8.兩部車做直線運動，若速度愈慢，則其動量愈小。  
\_\_\_\_\_
- \_\_\_\_ 9.使動量相同的兩物體在相同時間內停止，質量大者所需的作用力亦較大。  
\_\_\_\_\_
- \_\_\_\_ 10.物體動量變化量的方向與末動量、衝量、速度改變量以上三者方向相同。  
\_\_\_\_\_
- \_\_\_\_ 11.汽車裝設安全氣囊的目的，是希望在交通意外發生時，可延長撞車時駕駛或乘客減速的時間，以減少傷亡。  
\_\_\_\_\_
- \_\_\_\_ 12.動量大者表示改變其慣性比較困難。  
\_\_\_\_\_
- \_\_\_\_ 13.動量大者表示其動能較大。  
\_\_\_\_\_
- \_\_\_\_ 14.初動量相同的兩物體，受到相同衝量後，速度變化必相同。  
\_\_\_\_\_
- \_\_\_\_ 15.人從高處跳到低處時，為了安全，一般都是讓腳尖先著地，這是為了降低質心的位置，增加降落時的穩定性。  
\_\_\_\_\_

16. 當高速前進的汽車緊急停下時，利用安全帶與安全氣囊，可以降低車內乘客可能受到的傷害。下列有關這兩種安全配備的敘述，何者正確？  
(A) 充氣後愈難壓縮的安全氣囊，愈能保障乘客的安全 (B) 安全氣囊比安全帶更可以有有效的使乘客留在座位上 (C) 安全帶須能伸縮，才可使乘客緊急停下的時間增長 (D) 安全帶的寬度愈窄，愈能保障乘客的安全。
17. 從同樣高度落下的玻璃杯，掉在水泥地上容易打碎，而落至草地則不會打碎，這是因為下列何者所致？  
(A) 落至水泥地上動量較大 (B) 在水泥地上接觸時間較長 (C) 在草地地面承受的衝力較小 (D) 掉在水泥地上動量改變較慢 (E) 掉在水泥地上動量改變量大。
18. 當高速前進的汽車緊急停下時，利用安全帶與安全氣囊，可以降低車內乘客可能受到的傷害。下列有關這兩種安全配備的敘述，何者正確？  
(A) 充氣後愈難壓縮的安全氣囊，愈能保障乘客的安全 (B) 安全氣囊比安全帶更可以有有效的使乘客留在座位上 (C) 安全帶的寬度愈窄，愈能保障乘客的安全 (D) 安全帶須能伸縮，才可使乘客緊急停下的時間增長 (E) 不論安全帶或是安全氣囊均是使乘客停下的時間變短，受的力才會變小。
19. 動量相同的兩個物體，若受到相同的衝量作用，則下列敘述哪些正確？(多選)  
(A) 末動量一定相同 (B) 末速度一定相同 (C) 動量變化一定相同 (D) 速度變化量一定相同 (E) 質量較小者，動量變化較小。
20. 自地面斜向上拋一物體，若不計空氣阻力，下列有關物體在飛行期間的敘述，何者正確？(多選)  
(A) 在最高點時的動量為零 (B) 其動量的水平分量固定不變 (C) 動量變化的量值與所經時間成正比 (D) 在同一高度處的動量皆相同 (E) 物體所受的重力與飛行時間的乘積，即等於其動量的變化。
21. 下列有關「動量」與「衝量」的敘述，哪些正確？(多選)  
(A) 動量改變量與速度同方向 (B) 動量大的物體表示物體運動速度較快 (C) 物體動量的時變率等於物體所受的外力 (D) 欲得相同的動量變化量，所需的衝量應相同 (E) 使動量相同的兩物體停止，速度大者所需的衝量亦較大。
22. 動量相同的兩物體，受到相同的衝量作用之後 (多選)  
(A) 末速度一定相同 (B) 動量變化一定相同 (C) 速度變化量一定相同 (D) 質量大的物體動量變化較小 (E) 末動量一定相同。
23. 質量一定的物體，受定力作用時 (多選)  
(A) 在相等時間內，物體的速率變化量必相等 (B) 在相等時間內，物體的動量變化量必相等 (C) 物體速度的時變率與時間無關 (D) 物體運動的軌跡可能為圓周 (E) 物體做等加速度運動。
24. 下列有關「動量」與「衝量」的敘述，哪些正確？(多選)  
(A) 物體動量的時變率等於物體所受的外力 (B) 物體動量的時變率等於物體所受的衝量 (C) 物體動量變化量的方向必與速度方向相同 (D) 物體所受衝量的方向必與物體加速度的方向相同 (E) 施力體與受力體所受的衝量必相等。



**範例 1**

質量  $m$  的物體，做半徑為  $R$ ，角速度為  $\omega$  的圓周運動，則：

- (1) 物體所受的瞬時衝力為\_\_\_\_\_；  
 (2) 旋轉  $1/4$  週期時，物體所受的衝量大小為\_\_\_\_\_，平均衝力大小為\_\_\_\_\_。

【答案】：(1)  $m\omega^2 R$  (2)  $\sqrt{2} m\omega R$ ， $\frac{2\sqrt{2} m\omega^2 R}{\pi}$

**範例 2**

物體質量	初速度 (m/s)		初動量 (kg·m/s)	經歷時間	末速度 (m/s)		末動量 (kg·m/s)	動量變化 (kg·m/s)	平均衝力 (N)
2kg	10	向東		4 秒	2	向東			
2kg	10	向東		4 秒	2	向西			
2kg	2	向東		4 秒	10	向東			
2kg	10	向西		4 秒	2	向東			
2kg	10	向西		4 秒	2	向西			
2kg	2	向西		4 秒	10	向東			
2kg	2	向西		4 秒	10	向西			

【答案】：略

物體質量	初速度 (m/s)		初動量 (kg·m/s)	平均衝力 (N)		經歷時間	動量變化 (kg·m/s)	末動量 (kg·m/s)	末速度 (m/s)	
2kg	10	向東		10	向東	4 秒				
2kg	10	向西		10	向東	4 秒				
2kg	10	向東		10	向西	4 秒				
2kg	10	向西		10	向西	4 秒				

【答案】：略

**範例 3**

自由落體：

質量	重量	時間	末速度 (m/s)	位移 (m)	動量 (kg·m/s)	動能 (J)	衝量 (N·S)
4kg		1 秒末					
4kg		2 秒末					
4kg		3 秒末					

【答案】：略

**範例 4**鉛直上拋：初速度  $V_0 = 20 \text{ m/s}$ 

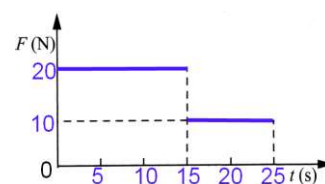
質量	重量	時間	末速度 (m/s)	位移 (m)	動量 (kg·m/s)	動能 (J)	衝量 (N·S)
2kg		1 秒末					
2kg		2 秒末					
2kg		3 秒末					
2kg		4 秒末					

【答案】：略

**範例 5**

一物體質量  $20\text{kg}$ ，初速度為  $20\text{m/s}$ ，沿直線向南運動，今對物體施力，在  $0\sim 25$  秒內施力情形如右圖，若以向北為正，則：

- (1)  $0\sim 15$  秒間，物體的動量變化為\_\_\_\_\_  $\text{m/s}$ ，方向朝向\_\_\_\_\_。
- (2) 第 15 秒末，物體的瞬時速度為\_\_\_\_\_  $\text{m/s}$ ，方向朝向\_\_\_\_\_。
- (3)  $0\sim 25$  秒間，物體的動量變化為\_\_\_\_\_  $\text{m/s}$ ，方向朝向\_\_\_\_\_。
- 第 25 秒末，物體的瞬時速度為\_\_\_\_\_  $\text{m/s}$ ，方向朝向\_\_\_\_\_。

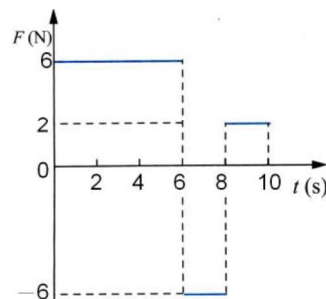


【答案】：(1)300，北 (2)5，南 (3)400，北 (4)0，／

## 範例 6

一物體質量  $5\text{kg}$ ，初速度為  $4\text{m/s}$ ，沿直線向東運動，今對物體施力，在  $0\sim 10$  秒內施力情形如右圖，若以向東為正，則：

- (1) 在  $0\sim 6$  秒間，物體動量的變化量為\_\_\_\_\_  $\text{kg}\cdot\text{m/s}$ ，方向朝向\_\_\_\_\_。
  - (2) 第 6 秒末的瞬間的動量為\_\_\_\_\_  $\text{kg}\cdot\text{m/s}$ ，方向朝向\_\_\_\_\_。
  - (3) 第 6 秒末，物體的瞬時速度為\_\_\_\_\_  $\text{m/s}$ ，方向朝向\_\_\_\_\_。
  - (4)  $6\sim 8$  秒間，物體的動量變化為  $\text{m/s}$ ，方向朝向\_\_\_\_\_。
  - (5)  $6\sim 10$  秒間，物體的動量變化為  $\text{m/s}$ ，方向朝向\_\_\_\_\_。
  - (6)  $0\sim 10$  秒間，物體的動量變化為  $\text{m/s}$ ，方向朝向\_\_\_\_\_。
  - (7) 第 8 秒末，物體的瞬時速度為\_\_\_\_\_  $\text{m/s}$ ，方向朝向\_\_\_\_\_。
- 第 10 秒末，物體的瞬時速度為\_\_\_\_\_  $\text{m/s}$ ，方向朝向\_\_\_\_\_。

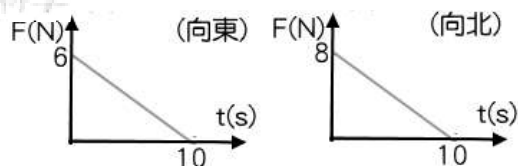


【答案】：(1)36，東 (2)56，東 (3)11.2，東 (4)12，西 (5)8，西  
(6)28，東 (7)8.8，東，9.6，東

## 範例 7

質量  $5\text{kg}$  的靜止物體，置於光滑水平面上，現受水平力作用，若外力向東及向北的分力與時間的關係如右圖，則物體在 10 秒後的速率為若干？

- (A)  $10\text{m/s}$  (B)  $20\text{m/s}$  (C)  $30\text{m/s}$   
(D)  $40\text{m/s}$  (E)  $50\text{m/s}$ 。

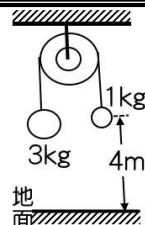


【答案】：A

## 範例 8

右圖為阿特伍德機裝置，質量分別為  $3\text{kg}$  與  $1\text{kg}$  兩物體，自等高處由靜止開始運動，不計摩擦力及滑輪重量，且重力加速度  $g = 10\text{m/s}^2$ ，則：

- (1) 物體的加速度為\_\_\_\_\_  $\text{m/s}^2$ ；
- (2) 系統的質心加速度為\_\_\_\_\_  $\text{m/s}^2$ ；
- (3) 當  $3\text{kg}$  的物體著地瞬間，兩物體的動量和為\_\_\_\_\_  $\text{kg}\cdot\text{m/s}$ 。



【答案】：(1)5 (2)2.5(↓) (3)  $4\sqrt{10}$  (↓)



**範例 9**

將質量分別為 1 kg 和 2 kg 的甲、乙兩質點鉛直上拋。已知甲質點的初速為 1 m/s，乙質點的初速為 2 m/s，則在相同的時間  $t$  內，重力對甲、乙兩質點的衝量作用的量值之比為\_\_\_\_\_。

【答案】: 1 : 2

**範例 10**

\_\_\_1. 質量為  $m$  之物體作等速圓周運動，若軌道半徑為  $R$ ，週期為  $T$ ，則旋轉  $\frac{1}{4}$  圓周時，其動量變化之量值為何？

(A) 0 (B)  $\frac{\pi mR}{T}$  (C)  $\frac{\pi mR}{2T}$  (D)  $\frac{2\pi mR}{T}$  (E)  $\frac{2\sqrt{2}\pi mR}{T}$ 。

\_\_\_2. 物體質量 4 公斤，以 6 公尺/秒之初速度向東運動，若受一力  $F = 3t + 2$  ( $F$ : 牛頓;  $t$ : 秒)，方向向北之恆力作用，則 4 秒末物體之動量大小為多少公斤·公尺/秒？  
(A) 8 (B) 10 (C) 324 (D) 40 (E) 56。

\_\_\_3. 做直線運動的物體，其動量  $p$  與時間的關係為  $p(t) = t^2 + 2t - 3$  ( $p$ : kg·m/s,  $t$ : s)，則下列何者正確？  
(A) 該物體在前 3 s 內所受的平均力量值為 3 N (B) 該物體在前 3 s 內所受的平均力量值為 4 N (C) 該物體在第 3 s 末所受的作用力量值為 7 N (D) 該物體在第 3 s 末所受的作用力量值為 8 N (E) 該物體作等加速運動。

【答案】: (1)E (2)D (3)D

**範例 11**

將一質量為 1 公斤的小球自地面以初速 10 公尺/秒、仰角  $37^\circ$  斜向拋出，已知重力加速度量值為 10 公尺/秒<sup>2</sup>，則

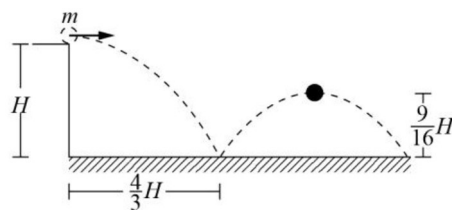
(1) 小球由拋出至落地期間，其動量變化量值為\_\_\_\_\_公斤·公尺/秒。

(2) 小球由拋出至落地期間，重力施予小球的衝量值為\_\_\_\_\_牛頓·秒。

【答案】: (1)12 (2)12

**範例 12** (102 指考)

如右圖，一質量為  $m$  可視為質點的小球從離地  $H$  處水平射出，第一次落地時的水平位移為  $\frac{4}{3}H$ ，反彈高度為  $\frac{9}{16}H$ 。若地板為光滑，且空氣阻力可以忽略，而小球與地板接觸的時間為  $t$ ，重力加速度為  $g$ 。



\_\_\_ 1. 第一次落地碰撞期間，小球在鉛直方向所受到的平均作用力之量值為何？

- (A)  $\frac{m\sqrt{2gH}}{4t}$  (B)  $\frac{7m\sqrt{2gH}}{16t}$  (C)  $\frac{25m\sqrt{2gH}}{16t}$  (D)  $\frac{5m\sqrt{2gH}}{4t}$  (E)  $\frac{7m\sqrt{2gH}}{4t}$ 。

\_\_\_ 2. 小球第一次落地點到第二次落地點的水平距離為何？

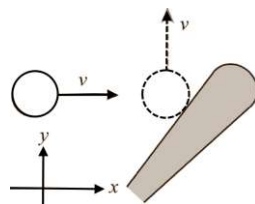
- (A)  $H$  (B)  $\frac{4H}{3}$  (C)  $\frac{3H}{2}$  (D)  $2H$  (E)  $\frac{8H}{3}$ 。

【答案】：(1)E (2)D

**範例 13** (98 指考)

如右圖，一質量為  $m$  的棒球以速度  $v$  水平飛向擊球手，擊球手揮棒擊球，使球以速度  $v$  鉛垂向上飛出，設水平飛行方向為  $+x$ ，鉛垂向上飛出方向為  $+y$ ，則球所受到衝量的量值及方向為下列何者？

- (A)  $2mv$ ，向  $+y$  方向 (B)  $mv$ ，與  $+x$  方向成  $45^\circ$  (C)  $mv$ ，與  $+x$  方向成  $135^\circ$  (D)  $\sqrt{2}mv$ ，與  $+x$  方向成  $45^\circ$  (E)  $\sqrt{2}mv$ ，與  $+x$  方向成  $135^\circ$



【答案】：(E)

**範例 14**

一質量  $m$  速度  $v$  的質點以仰角  $\theta$  斜向拋射，不計空氣阻力，則：

\_\_\_ 1. 在運動過程中，質點所具最小動量之量值為：

- (A)  $mv$  (B)  $mv \sin \theta$  (C)  $mv \cos \theta$  (D)  $0$  (E)  $\frac{1}{2}mv \sin \theta$ 。

\_\_\_ 2. 質點由發射至最高點間，其動量之變化量量值為：

- (A)  $0$  (B)  $mg \sin \theta$  (C)  $mv \sin \theta$  (D)  $2 mg \sin \theta$  (E)  $2 mv \sin \theta$ 。

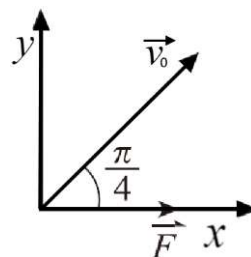
\_\_\_ 3. 由出拋點至最高點動量變化，和由出拋點至最低點過程之質點動量變化量值，比值為：

- (A)  $\frac{1}{2}$  (B)  $2$  (C)  $\sin \frac{\theta}{2}$  (D)  $2 \sin \theta$  (E)  $2 \cos \theta$ 。

【答案】：(1)C (2)C (3)A

**範例 15** (96 指考)

一質量為  $m$  的小球，在一光滑水平面上，以速度  $\vec{v}_0$  作直線運動，在時間  $t = 0$  時，小球開始受一定力  $\vec{F}$  的作用，如右圖。 $\vec{F}$  與  $\vec{v}_0$  的夾角為  $\frac{\pi}{4}$ ，其量值分別為  $F$  及  $v_0$ 。設  $\vec{F}$  的方向為正  $x$  軸方向，則在之後的時間  $t = t'$  時，下列何者正確？



- (A) 小球動量在  $x$  方向的量值為  $mv_0$  (B) 小球動量在  $y$  方向的量值為  $\frac{\sqrt{2}}{2}mv_0 + Ft'$  (C) 小球動量的方向與  $x$  軸的夾角仍為  $\frac{\pi}{4}$  (D) 小球動量的量值為  $mv_0 + Ft'$  (E) 小球的動量在  $x$  方向的量值與在  $y$  方向的量值的比值為  $1 + \frac{\sqrt{2}Ft'}{mv_0}$ 。

【答案】：E

莫斯利高中自然科學

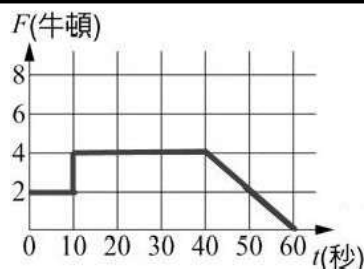
**範例 16**

1. 質量為  $m$  的物體，沿正  $n$  邊形做等速率  $V$  之運動，當物體由一邊運動至相鄰的另一邊時，此物體的動量變化為若干？  
 (A)  $mv \sin \frac{\pi}{n}$  (B)  $2mv \sin \frac{\pi}{n}$  (C)  $mv \sin \frac{2\pi}{n}$  (D)  $mv \cos \frac{\pi}{n}$  (E)  $2mv \cos \frac{\pi}{n}$ 。
2. 將一容器放在台秤上，調整其讀數，使其為零，容器上方高  $h$  處，有水從水管流入容器內，已知水之初速為  $0$ ，且水每秒鐘流入  $m \text{ kg}$ ，假設水流入容器後不發生反跳，且容器底面很廣，可忽略水面的升高，則  $t$  秒鐘後，台秤之讀數為\_\_\_\_\_牛頓。

【答案】：(1)B； (2)  $mgt + m\sqrt{2gh}$

**範例17**

一個質量為  $5\text{ kg}$  的物體在一條東西向的水平軌道上運動，它受到一個向東的水平力作用，此力量值  $F$  隨時間  $t$  變化的關係，如右圖。物體與水平軌道間摩擦可忽略。則：

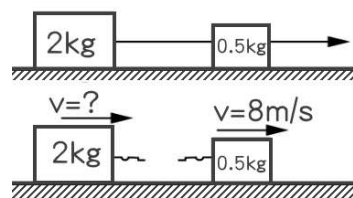


- 從  $t=10.0\text{ s}$  至  $t=50.0\text{ s}$  期間，該物體的動量變化量為多少  $\text{kg} \cdot \text{m/s}$  ?  
(A) 100 (B) 120 (C) 150 (D) 200 (E) 300。
- 從  $t=10.0\text{ s}$  至  $t=50.0\text{ s}$  期間，該物體所受之平均力量值為多少  $\text{N}$  ?  
(A) 1.25 (B) 3.25 (C) 3.75 (D) 4 (E) 4.25。
- 已知該物體  $t=10.0\text{ s}$  時的速度為  $12\text{ m/s}$ 、向西，則在  $t=50.0\text{ s}$  時該物體的速度量值與方向為下列何者？  
(A)  $42\text{ m/s}$ ，向西 (B)  $12\text{ m/s}$ ，向西 (C)  $18\text{ m/s}$ ，向西  
(D)  $18\text{ m/s}$ ，向東 (E)  $12\text{ m/s}$ ，向東。

【答案】：(1)C (2)C (3)D

**範例18**

A 物體質量  $2\text{ 公斤}$ 、B 物體質量  $0.5\text{ 公斤}$ ，兩者間以一細線相連，置於光滑水平桌面上，以  $5\text{ 牛頓}$  的拉力作用於 B 物體上共計  $2\text{ 秒鐘}$ ，作用期間，該線中斷。已知  $0.5\text{ 公斤}$  物體的末速度為  $8\text{ 公尺/秒}$ ，則：

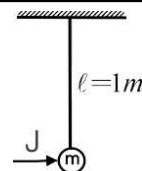


- $2\text{ 公斤}$  物體受衝量 \_\_\_\_\_  $\text{N} \cdot \text{s}$ 。
- $2\text{ 公斤}$  物體的末速為 \_\_\_\_\_  $\text{m/s}$ 。
- 兩物體最後的動量總和為 \_\_\_\_\_  $\text{kg} \cdot \text{m/s}$ 。

【答案】：(1)6； (2)3； (3)10

**範例19**

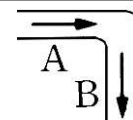
用一根質量不計、長  $1\text{ m}$ ，能承受最大拉力為  $14\text{ N}$  的繩子，一端固定在天花板上，另一端繫一質量為  $1\text{ kg}$  的小球，整個裝置於靜止狀態，如右圖，若要使繩子瞬間斷裂，作用在球上的水平衝量量值至少應為 \_\_\_\_\_  $\text{N} \cdot \text{s}$ 。 $(g = 10\text{ m/s}^2)$



【答案】：2

**範例 20**

(1)粗細一定之水管內有水均勻的流動，由 B 每秒流出  $2.0 \text{ kg}$ ，水管截面積  $2.0 \text{ cm}^2$ ，則在轉彎處，水施於水管之合力大小為\_\_\_\_\_牛頓。



(2)在均勻水管中，如右圖。假設水流持續流動，其流量  $q$  為每秒  $0.10$  公斤，在水管中的流速  $u$  固定為  $15$  公尺/秒，且進水管與出水管的夾角為  $120^\circ$ ，則水施於管壁的作用力之量值為\_\_\_\_\_牛頓。



【答案】：(1)  $20\sqrt{2} \text{ (N)}$ ； (2)  $1.5 \text{ N}$

**範例 21**

機槍每秒發射  $10$  顆子彈，每顆子彈質量為  $50$  公克，子彈出槍口速率為  $800$  公尺/秒，則：

(1)槍手所受的平均後座力量值是\_\_\_\_\_牛頓。

(2)如果槍手緊握槍最大施  $240$  牛頓的平均力，則欲不使槍後退，每秒鐘最多可發射\_\_\_\_\_顆子彈。

【答案】：(1)  $400$ ； (2)  $6$

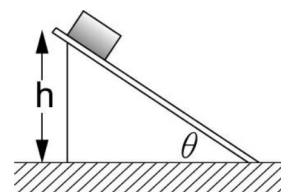
**範例 22**

如右圖，質量  $m$  的木塊由斜面頂端靜止下滑，已知木塊滑到斜面底部的速率為  $\sqrt{gh}$ ，則(重力加速度  $g$ ) (多選)

(A)斜面一定有摩擦力 (B)木塊全程的動量變化的量值為  $m\sqrt{gh}$  (C)

木塊滑到底部的時間為  $\frac{2}{\sin\theta}\sqrt{\frac{h}{g}}$  (D)斜面的正向力對木塊的衝量作用

必為零 (E)重力於全程的衝量作用量值為  $2mg\sqrt{\frac{h}{g}}$ 。



【答案】：ABC