

動量

壹、動量

一、定義：物體的動量 \vec{p} 為物體的質量 m 與其瞬時速度 \vec{v} 的乘積。

- (1) 單位：動量的單位為公斤·公尺/秒 (kg·m/s)，或 牛頓·秒 (N·s)
- (2) 方向：動量 \vec{p} 為向量，其方向與物體瞬時速度 \vec{v} 同向。(跟運動切線方向相同)
- (3) 討論：
 1. 當物體的動量愈大，則物體在衝撞時造成的破壞程度愈激烈，且要抵銷其全部的動量會比較困難。(使其停止)
 2. 若兩動量具有相等量值，但是方向不同，則兩動量仍然不相同。
- (4) 例子：
 1. 高速飛行的子彈可以與慢跑的人有相同的動量。
 2. 移動中的軍艦可以有很大的動量，但是停在船塢時其動量為零。
 3. 跑的一樣快的兩個人，要使重的那一個人停下來會比較困難。

二、與慣性的比較

- (1) 慣性的大小即以質量大小來判斷，不需要考慮物體運動的速度。質量大的物體就是不容易改變運動狀態，不論該物體是靜止與否。
- (2) 動量的大小則考慮物體的質量和瞬時速度的乘積。
- (3) 慣性很小的東西可以擁有很大的動量，例如剛從槍口發射的子彈其動量就不小。
- (4) 慣性很大的物體其動量也可以為零。

範例 1

下列敘述，何者正確？

(A)同一個物體，若速度愈快，則動量愈小 (B)若是兩個質量不同的物體但是具有相同速度，則質量愈大者的動量愈小 (C)質量很大且靜止的物體，動量可不為零 (D)若物體的質量 m 不變，速度 v 增為兩倍，則動量亦增為兩倍 (E)若物體的質量與速度同時增為兩倍，則動量增為兩倍

D

範例 2

若一個質量 0.15 kg 的棒球的速度達 150 km/h，則質量 5 kg 的保齡球欲與棒球具有相同動量時，保齡球的速度為若干 km/h？

貳、動量變化與力

一、動量變化：當物體的質量固定時，其速度改變後，動量就隨之而變。我們將其動量變化量定為末動量減初動量。

$$(\Delta \vec{p} = \vec{p}_{末} - \vec{p}_{初} = m \Delta \vec{v})$$

此處需要有數值上的討論，分成物體加速後動量變化量、物體反彈後動量變化量、物體轉向後動量變化量

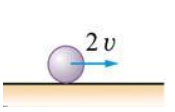
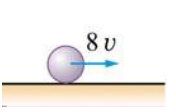
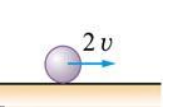
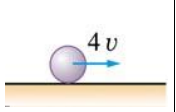
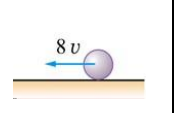
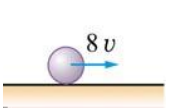
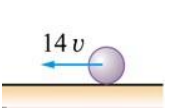
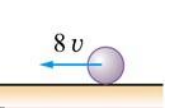
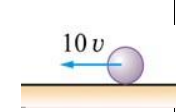
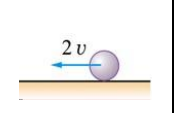
(同時畫出向量作圖)

(作圓周運動的物體其動量變化量、剎車急停的物體其動量變化量、投手投出的球被打擊者敲回其動量變化量、丟擲地面反彈的球其動量變化量)



範例 3

動量同時具有量值與方向，因此「動量變化」也是具有方向性。對同一物體，下列哪些選項中初、末狀態間的「動量變化」是相同的？（選項中之 v 均相同）（應選 2 項）

選項	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
初狀態					
末狀態					

AE

範例 4

某場棒球比賽所用的棒球之質量為 150 公克，投手小王將球投出後，球以 40 公尺/秒的速度到達本壘上方，被打擊者小鋒以 20 公尺/秒速度反向打擊出去，則

- (1) 令棒球被打擊出去的方向為正，則棒球被打擊出去之前的動量為 -6.0 公斤·公尺/秒；被打擊出去之後的動量為 3.0 公斤·公尺/秒。
- (2) 整個過程的動量變化量為 9.0 公斤·公尺/秒。

範例 5

若有一物體原先動量為 $4 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ (向東)，後來動量量值為 $3 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ ，但方向分別

(1)向東、(2)向西、(3)向南時，物體之動量變化各為何？

二、動量變化與力

(1) 影響動量變化的因素

1. 力的量值 F ：施力愈 **5** 大，則動量變化量愈大。
2. 施力作用的時間 Δt ：作用時間愈 **6** 久，則動量變化量愈大。
3. 由上可知，動量變化可以表示為 力與時間的乘積，即 $\Delta P = F \times \Delta t$ 。

(當 t 為一段時間時，則 F 表示平均作用力，當 t 表是為某一瞬間時，則 F 表示為瞬時作用力)

(2) 討論：

1. 對同一物體而言，受相同的作用力，則作用時間愈久，動量的改變愈大，速度變化也愈大。
2. 若物體受到方向相同但是量值不同的作用力，則在作用時間相同的情況下，當力之量值愈大，物體動量的改變也愈大，速度變化也愈大。
3. 對同一個靜止物體，用不同的作用力與作用時間來推動物體，只要在各種方式下的作用力與其作用時間的乘積相同，則物體最後都可以具有相同的動量與速度。

(3) 生活實例：

1. 網球選手在發球時，如果愈用力揮球拍，球被擊出後所具有的動量就愈大，球速當然也愈快，對手就愈不容易回擊。
2. 足球比賽時，守門員愈用力踢球，球飛出後所具有的動量就愈大，球速愈快則可飛愈遠的距離。
3. 棒球比賽時，投手在投球時，手臂總是會先盡量擺向後方，因為可以延長對棒球作用力量的時間，球在離手後所具有的動量就愈大，球速也愈快。
4. 田徑場中，跳高選手經過一段距離助跑後，總是會先屈膝，藉此延長地面对選手作用力量的時間，讓身體離開地面後具有愈大的動量，速度愈快而可以讓身體往上飛行愈高。
5. 加農砲的砲管愈長，火藥爆炸力作用在砲管內砲彈的時間愈長，可使砲彈的動量增加愈多。

(4) F-t 圖

1. 物體所受的作用力 (F) 與作用時間 (t) 的關係圖之曲線下面積等於物體的動量變化

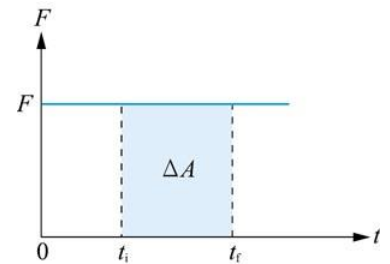
$$(\Delta \vec{p})。$$

2. 若物體受到定力 F 作用：如右圖， F - t 關係圖之曲線下面積

$$\Delta A = F \times (t_f - t_i) = \Delta p = m (v_f - v_i)$$

① 在 t 軸上方之面積為「正」，即物體的動量變化為正。

② 在 t 軸下方之面積為「負」，即物體的動量變化為負。



F-t 圖與 a-t 圖的關係：圖形會相似，兩者圖形的面積都代表變化量，而非某瞬間的物理量，兩者在 t 軸以上面積都代表正變化，在 t 軸以下面積都代表負變化。

三、牛頓第二運動定律的原始型式

- (1) (說明與 $F=ma$ 的差異在於質量固定與否)

$$(\vec{F} = m\vec{a} = m \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t})$$

- (2) 其意義為物體動量的時變率即為物體所受的外力

- (3) 討論：

1. 可知在同樣的動量變化下，若所耗費的時間愈長，則物體所受的外力會愈 小。
2. 若作用力的時間為定值，則外力越大，物體的動量變化量會越大。

(4) 生活實例：

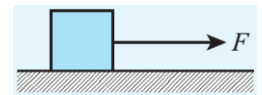
1. 選手跳高落地於軟墊時，軟墊可延長選手衝撞的時間，以減輕選手所受的衝撞力。
2. 人由高處往下跳落地時，膝蓋須彎曲，如此延長衝力的作用時間，以減少衝撞力。
3. 玻璃杯落於水泥地時，因接觸時間短而易破碎，但落於地毯上時，因接觸時間延長，所受衝力較小，故比較不易破碎。
4. 汽車的安全帶或安全氣囊，藉延長力的作用時間 (Δt)，減少對身體的傷害 (F)。

範例 6

將質量為 10 公斤的物體靜置在光滑的水平面上，施一水平拉力 $F = 20$ 牛頓使物體作等加速運動，如圖所示。試分別用下述的方法算出 3 秒末時物體的速率

(1) 利用運動公式。

(2) 利用外力造成動量變化。



範例 7

將一質量為 3 公斤的物體，以初速度 $v_0 = 30$ 公尺／秒鉛直上拋，若不計空氣阻力，且重力加速度為 -10 公尺／秒²，試求：

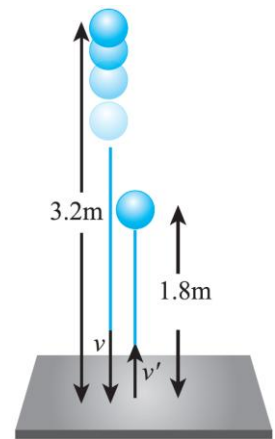
- (1) 自拋出至達到最高點期間，物體的動量變化量為多少公斤·公尺／秒？
- (2) 自拋出至落地期間，物體的動量變化量為多少公斤·公尺／秒？
- (3) 自拋出至落地的全程期間，物體所受的外力為多少牛頓？

(1) -90 公斤·公尺／秒 (2) -180 公斤·公尺／秒 (3) -30 牛頓

範例 8

小明以手握住質量為 0.50 公斤的小球，在距地面 3.2 公尺處讓球自由落下。球碰到地面後可反彈至距地面 1.8 公尺處，如圖所示。已知重力加速度為 10 公尺/秒²，令向上為正，則

- (1) 球著地瞬間的動量為 -4.0 公斤·公尺/秒。
- (2) 球反彈瞬間的動量為 3.0 公斤·公尺/秒。
- (3) 球碰到地面前後的動量變化 7.0 公斤·公尺/秒。
- (4) 如果球與地面接觸時間是 0.2 秒，則球所受的平均力為 35 牛頓。
- (5) 承(4)，地面施予球的正向力大小為 40 牛頓。



範例 9

牛頓坐在蘋果樹下，頭的正上方恰好有顆成熟的蘋果落下，不偏不倚打在他頭上，並在接觸 0.10 秒後靜止於頭上。設蘋果質量為 300 公克，落下的距離為 1.8 公尺 ($g = 10$ 公尺/秒²)，今以向下為正向，則



- (1) 碰撞前後，蘋果的動量變化量為 98 公斤·公尺/秒，方向 向上。
- (2) 在碰撞過程中，蘋果所受平均作用力的量值為 18 牛頓，方向 向上。
- (3) 在碰撞過程中，頭給蘋果的平均作用力為

範例 10

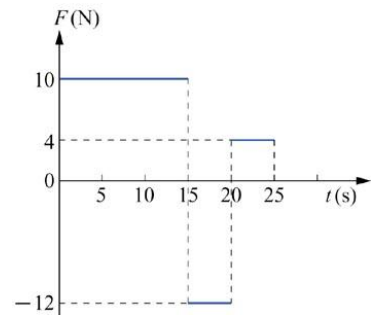
一機關槍的連發速率為 5 發/秒，而每顆子彈的質量為 20 公克，且其發射出的速率為 800 公尺/秒，則

- (1) 每發子彈發射出的動量為多少公斤·公尺/秒？
- (2) 槍手受機關槍的平均後座力為多少牛頓？

(1) 16 公斤·公尺/秒 (2) 80 牛頓

範例 11

有一質量為 10 kg ，初速為 10 m/s 向東的物體，在 $0\sim 25$ 秒內受到如右圖所示之力 F 作用，且圖中力之方向向東為正，則：



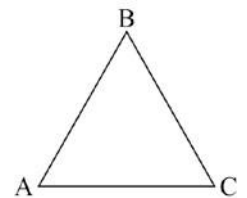
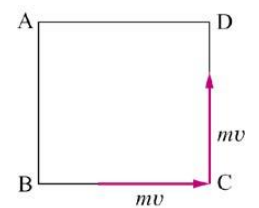
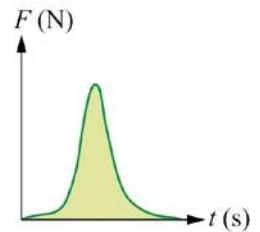
- (1) 物體在 $0\sim 10$ 秒間之動量變化量值為 _____ $\text{kg} \cdot \text{m/s}$ ，
方向為 _____。
- (2) 物體在第 10 秒末之動量量值為 _____ $\text{kg} \cdot \text{m/s}$ ，
方向為 _____。
- (3) 物體在 $15\sim 25$ 秒間之動量變化量值為 _____ $\text{kg} \cdot \text{m/s}$ ，
方向為 _____。
- (4) 物體在第 25 秒末之瞬時速度量值為 _____ m/s ，方向為 _____。
- (5) 物體在 $0\sim 25$ 秒間，所受平均力之量值為 _____ N ，方向為 _____。

(1) 100 ，向東；(2) 200 ，向東；(3) 40 ，向西；(4) 21 ，向東；(5) 4.4 ，向東

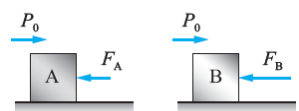
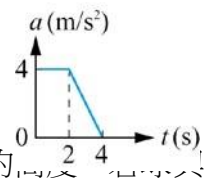
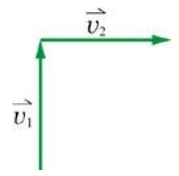
課後練習

單選題

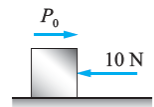
- () 1. 從同樣高度落下的玻璃杯，掉在水泥地上容易打碎，而落至草地則不會，是因下列何者所致？ (A)落至水泥地上動量較大 (B)在水泥地上接觸時間較長 (C)在草地地面承受的衝力較小 (D)掉在水泥地上動量改變較慢 (E)掉在水泥地上動量改變量大
- () 2. 如右圖所示，為一網球被球拍擊中時，網球所受的力(F)隨時間(t)的變化關係。則圖中曲線下的面積代表
(A)碰撞期間，網球的速度 (B)碰撞期間，網球的速度變化量
(C)碰撞期間，網球所受之動量變化量 (D)碰撞期間，網球動量的時變率 (E)碰撞期間，球拍所作的功
- () 3. 考慮兩部臺車，質量各為 m 及 $2m$ ，靜止停放在空氣軌道上（即摩擦力可忽略）。若你首先以定力 F 推動質量為 m 的臺車 3 秒鐘，然後也用相同大小的力推動另一部臺車，同樣是 3 秒鐘，則較輕的臺車為較重的臺車之動量量值比為何？
(A) 4 : 1 (B) 2 : 1 (C) 1 : 1 (D) 1 : 2 (E) 1 : 4
- () 4. 如右圖，一質量為 m 之質點，以恆為一定的速率 v ，在正方形 ABCD 邊上環繞而行。至 C 點時質點所受的衝量值 and 方向分別為
(A) $2mv$ ，沿 BC 方向 (B) $2mv$ ，沿 CD 方向
(C) $\sqrt{2}mv$ ，沿 BD 方向 (D) $\sqrt{2}mv$ ，沿 CA 方向
(E) 0
- () 5. 如右圖，質量 500 公克小球以 10 公尺/秒之等速率沿正三角形 ABC 運動，則小球在 B 點轉彎時所受衝量之量值為若干牛頓·秒？
(A) $5000\sqrt{3}$ (B) 5000 (C) $5\sqrt{3}$ (D) 5 (E) 50
- () 6. 某機槍每分鐘發射 400 顆子彈，每顆子彈質量為 10 g，子彈以速度 300 m/s 垂直擊中岩壁後即行停止，則岩壁所受的衝力為多少 N？
(A) 10 (B) 20 (C) 25 (D) 30 (E) 40
- () 7. 若一質量為 200 公克的網球，自 1.6 公尺的高度落至地面，反彈至 0.9 公尺的高度，若球與地面的接觸時間為 0.02 秒，設 $g=9.8$ 公尺/秒²，則網球在接觸時的平均受力為多少牛頓？
(A) 14 (B) 28 (C) 56 (D) 98 (E) 196
- () 8. 一質量為 4 kg 的物體靜止在光滑的水平面上，今以 4 N 的水平力作用於物體，使它移動 8 m 長，則物體動量增加量量值為多少 kg · m/s？
(A) 32 (B) 16 (C) 12 (D) 8 (E) 4



- () 9. 在光滑的水平面上，質量為 2 公斤的物體，原以 10 公尺/秒的速度向東運動，受到一向西的水平力作用，此力 F (牛頓) 與時間 t (秒) 之關係式為 $F=2t+5$ ，則 5 秒末，物體的速率為多少公尺/秒？
 (A) 5 (B) 10 (C) 15 (D) 25 (E) 35
- () 10. 質量為 0.15 公斤的棒球，以 40 公尺/秒的速率 v_1 由南向北水平飛向本壘，與球棒接觸 0.001 秒之後，以 40 公尺/秒的速率 v_2 沿東方水平飛出，如右圖所示。棒施於球的力，其平均值為多少？方向為何？
 (A) $6000\sqrt{2}$ 牛頓，向東南方 (B) $6000\sqrt{2}$ 牛頓，向東北方 (C) $6000\sqrt{2}$ 牛頓，向東方 (D) 4000 牛頓，向東南方 (E) 1200 牛頓，向東方
- () 11. 質量 2 kg 的質點其加速度如右圖，則 4 秒內該質點之動量變化量值為多少 kg · m/s。
 (A) 6 (B) 12 (C) 16 (D) 20 (E) 24
- () 12. 一質量為 200 公克的網球，自 20 公分的高度落至地面，而反彈至 5 公分的地面的接觸時間為 0.02 秒，設重力加速度 $g=10$ 公尺/秒²，則在接觸時網球所受的平均淨力為多少牛頓？
 (A)14 (B)30 (C)56 (D)98 (E)196
- () 13. 質量為 2 公斤的質點初速為 4 公尺/秒向東，受到向西的定力 5 牛頓連續作用 2 秒後，質點的動量值將變為多少公斤 · 公尺/秒？
 (A)8 (B)2 (C)18 (D)25
- () 14. 在某衝突事件中，雙方人馬互相丟擲雞蛋，在混亂中，小李被丟擲的雞蛋打中頭部，並在接觸 0.1 秒後黏於頭上；設雞蛋的質量為 0.01 公斤，且在碰撞過程中，小李所受的淨力平均值為 20 牛頓，則雞蛋所受的動量變化量值為多少公斤 · 公尺/秒？ (A)0.1 (B)0.001 (C)0.2 (D)2 (E)20
- () 15. 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效地使乘客留在座位上
 (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
- () 16. A、B 兩物體的質量比為 2 : 1，以相同的動量在光滑的平面上運動，今在與運動方向相反的方向施一水平外力 F ，使兩物體分別停止運動，如右圖所示；若水平外力 $F_A : F_B = 1 : 2$ ，則使物體靜止所需的時間 $t_A : t_B$ 為何？
 (A)1 : 1 (B)1 : 2 (C)2 : 1 (D)1 : 4 (E)4 : 1



- () 17. 如右圖所示，一物體在光滑水平面上運動，動量為 20 公斤·公尺／秒，今在運動方向的相反方向施一水平力 10 牛頓，則經 3 秒後，物體的動量值為多少公斤·公尺／秒？



- (A)0 (B)10 (C)20 (D)30 (E)50

第 18~19 題為題組：

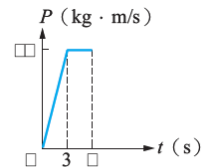
一物體的質量為 2 公斤，其動量與時間的關係圖，如右圖所示，試回答下列第 18~19 題：

- () 18. $t=2$ 秒時，物體所受的淨力量值為多少牛頓？

- (A)18 (B)12 (C)9 (D)8 (E)4

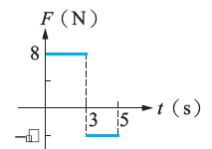
- () 19. $t=5$ 秒時，物體的加速度量值為多少牛頓？

- (A)12 (B)8 (C)6 (D)4 (E)0



- () 20. 一物體受水平外力作用，其作用力與時間的關係圖如右圖所示，已知 $t=0$ 秒時，物體的動量為 6 公斤·公尺／秒，則 $t=5$ 秒時，物體的動量為多少公斤·公尺／秒？

- (A)10 (B)16 (C)22 (D)32 (E)38

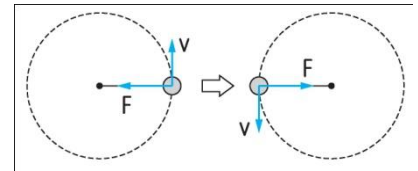


- () 21. 動量不同的兩物體，受到相同的作用力作用，而作用力方向與動量的方向相同，當兩物體的動量相等時，則下列敘述何者正確？

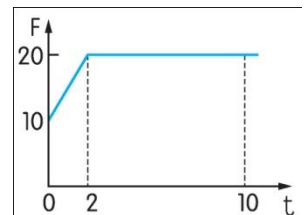
- (A)末速度必相等 (B)質量較大者施力作用的時間較長 (C)初動量較大者，施力作用的時間較短 (D)速度的改變量必相等 (E)加速度必相等

- () 22. 質量 m 的物體作等速圓周運動，週期為 T ，速率為 v ，則物體旋轉 $\frac{1}{2}$ 周時，此物所受動量變化的大小為何者？

- (A) 0 (B) mv (C) $2mv$ (D) $3mv$ (E) $4mv$



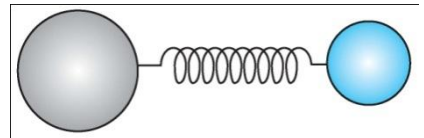
- () 23. 在光滑無摩擦之水平面上，一靜止之物體受固定水平力而開始運動，其 $F-t$ 圖如下，則此物體在 $t=2$ 秒及 $t=10$ 秒時的動量比為何？(A) 1 : 2 (B) 3 : 16 (C) 3 : 19 (D) 5 : 21 (E) 5 : 23



多選題

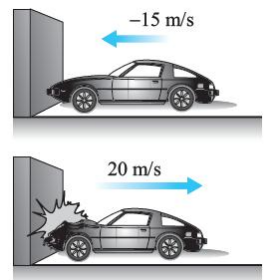
- () 24. 有關於運動體動量的方向與下列何種物理量的方向相同？（應選兩項）(A)受力 (B)速度 (C)速度變化 (D)加速度 (E)運動軌跡的切線方向。
- () 25. 有關於運動體動量變化的方向與下列何種物理量的方向相同？（應選三項）(A)受力 (B)速度 (C)速度變化 (D)加速度 (E)位移。
- () 26. 關於物體所受的外力，可由物體的哪些物理量求得？（應選三項）(A)動量變化 (B)動量時變率 (C)質量與加速度 (D)質量與速度時變率 (E) $F-t$ 圖面積。

- () 27. 質量比為 2 : 1 的兩物體，以彈簧連接，如下圖所示。今將彈簧壓縮後放開，兩物體各自彈出，則兩物體（應選兩項）(A) 受力時間相同 (B) 動量變化量大小相等 (C) 速度大小相等 (D) 加速度比為 2 : 1 (E) 受力比為 2 : 1。



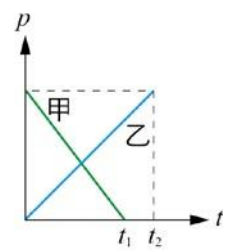
- () 28. 下列有關「動量」與「作用力」的敘述，哪些正確？（應選三項）
 (A) 動量變化的方向與外力同方向
 (B) 動量愈大的物體，表示物體的運動速度愈快
 (C) 物體動量的時變率，等於物體所受的外力
 (D) 兩物體欲得到相同的動量變化量，則所需的作用力與作用時間的乘積應相同

- () 29. 在撞擊測試裡，質量為 2000 公斤的汽車撞擊牆壁，如右圖所示；若初始的速度 $v_1 = 15$ 公尺 / 秒（向左），撞後的速度 $v_2 = 2.0$ 公尺 / 秒（向右），碰撞時間為 0.01 秒，則下列敘述哪些正確？



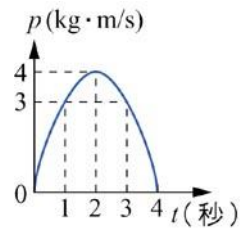
- (A) 汽車的初始動量為 30000 公斤 · 公尺 / 秒，向左
 (B) 汽車的撞後動量為 4000 公斤 · 公尺 / 秒，向右
 (C) 碰撞期間汽車的動量變化為 34000 公斤 · 公尺 / 秒，向左
 (D) 碰撞期間牆給汽車的平均作用力為 3.4×10^6 牛頓，向右
 (E) 汽車發生碰撞時，碰撞期間如果能夠延長，將可減少車內人員受傷的機率。
- () 30. 下列敘述，何者正確？
 (A) 動量方向與速度方向相同 (B) 動量的方向就是物體受力的方向 (C) 物體動量變化的方向與速度方向相同 (D) 動量變化的方向與物體的加速度同向 (E) 動量變化的方向就是物體受力的方向 (G) 動量較大的物體，其速度量值一定較大 (G) 動量變化愈大，所受衝力愈大 (H) 施力體之動量變化量與受力體相等 (I) 動量表示物體運動之快慢 (J) 動量表示物體質量之大小 (K) 動量大者不一定速度大 (L) 動量小者不一定質量小
- () 31. 動量相同之兩物體，在相同的時間內受到相同衝力作用後
 (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) 質量小的，動量變化較小
- () 32. 當一個做直線運動的質點，經歷一個時距（此時距不會無限大），則下列敘述何者正確？
 (A) 加速度對時間關係圖的面積表示質點運動後的末速度量值 (B) 質點所受淨力對時間關係圖的面積表示其動量變化之量值 (C) 質點的動量對時間關係圖中的曲線上各點的切線斜率表示其對應時刻所受的淨力 (D) 質點的動量對時間關係圖的面積與其位移量值成正比 (E) 質點的動量對時間關係圖的面積表示質點所受的總衝量
- () 33. 質量 5 kg 的物體，受一變力 $F = 20t$ (M.K.S.制) 的作用，若物體是自靜止起動
 (A) 前 5 秒內物體所受衝量為 $500 \text{ N} \cdot \text{s}$ (B) 第 5 秒末物體的速度為 50 m/s (C) 前 5 秒內物體的動量變化為 $250 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ (D) 第 5 秒末物體受力 120 N (E) 於第 3 秒末物體的加速度為 12 m/s^2

- ()34. 有甲、乙兩物分別受定力量值為 F_1 、 F_2 之作用下，沿同一直線運動，甲在 t_1 時間內，乙在 t_2 時間內動量 p 隨時間 t 變化關係圖，如右圖所示，設甲在 t_1 時間內之動量變化量值為 I_1 ，乙在 t_2 時間內之動量變化量值為 I_2 ，則下列敘述，何者正確？



- (A) $F_1 > F_2$ (B) $F_1 < F_2$ (C) $F_1 = F_2$ (D) $I_1 = I_2$ (E) $I_1 > I_2$

- ()35. 質量為 0.2 kg 之運動體的動量 (p) - 時間 (t) 之關係圖形為拋物線，如右圖所示，則



- (A) 2 秒時之動量為 0 (B) 首 2 秒內所受之平均力為 2 N (C) 第 1 秒末瞬間受衝力為 3 N (D) 第 3 秒時之瞬時速度為 15 m/s (E) 2~4 秒間為負加速度運動

答案 1.C 2.C 3.C 4.D 5.C 6.B 7.D 8.B 9.C 10.A 11.E 12.B 13.B 14.D 15.C
 16.C 17.B 18.E 19.E 20.C 21.C 22.C 23.C 24.BE 25.ACD 26.BCD 27.AB 28.ACD
 29.ABDE 30.ABKI 31.AC 32.BC 33.BC 34.AD 35.BD

動量守恆

壹、外力和內力對物體動量的影響

- 一、外力作用於物體時，會使物體的動量發生變化，例如作圓周運動的物體受到向心力，作簡諧運動的物體受到外力。
- 二、同一系統內部的質點間相互施予彼此的力稱為_____，內力在同一系統內可以相互抵消，不會使系統的_____改變

貳、動量守恆定律

- 一、內容：在不受外力作用或所受外力和為零

($\sum \vec{F} = 0$) 的情形下，系統的總動量會維持不變，即稱為動量守恆律。

- 二、推論：若質點在某特定方向上不受外力或所受外力之合力為零時，則質點在此方向上的動量保持不變。

- 三、對單一質點而言，這是牛頓第一運動定律的另一種陳述—物體在不受外力的情形下，如果初始動量為零，則維持靜止；若初始動量不為零，則以原來的速度作直線運動。

四、雙質點系統的動量守恆

五、多質點系統的動量守恆

- (一) 在多質點系統中，如果每個質點受力皆為零，則個別的動量皆守恆，所以總動量自然守恆。
- (二) 若各質點受力不為零，只要系統所受合力為零，則系統的總動量仍然是守恆的。
- (三) 雖然系統內的質點有相互作用力，各質點的動量會_____，但整個系統的_____仍為定值。

六、動量守恆在生活當中的例子

- (一) 原本靜止的手槍發射子彈時，手槍會向後衝；而發射過程中，子彈獲得向前的動量、手槍獲得向後的動量，故子彈與手槍整體系統的動量依然為_____。
- (二) 火箭前進的原理，是燃燒燃料而向後噴發氣體，使火箭獲得向前的動量，故在太空中火箭依然可以藉由同樣方式前進。
- (三) 兩球相撞時，碰撞前與碰撞後兩球的總動量保持不變，而兩球的動量變化量量值_____、方向_____。
- (四) 將一個吹脹的氣球開口釋放，球內氣體向後噴出，則氣球獲得一推力使氣球前進。對於（氣球+噴出的氣體）之系統而言，因不受外力，故系統總動量守恆。換言之，氣球與噴出的氣體間彼此作用的作用力互為作用力與反作用力。
- (五) 靜置於地面的炸彈，若突然爆裂成兩塊碎片（雙質點系統），因在水平方向上不受外力，而爆炸屬於系統內的內力作用，故系統總動量守恆，且兩碎片間彼此的作用力互為作用力與反作用力。

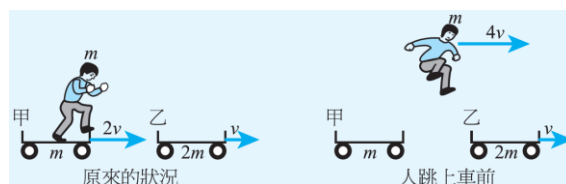
範例 1

一個靜止在水平面上的砲彈，發生爆炸，炸後分成兩塊碎片，且恰好都沿著水平方向運動。設砲彈火藥質量忽略，若質量比為 1：4，則兩塊碎片分開瞬間的速率比為多少？

範例 2

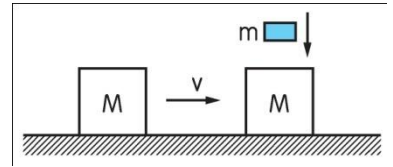
如圖所示，甲車與乙車質量分別為 m 及 $2m$ ，於光滑水平面上同時以 $2v$ 及 v 向右運動。質量為 m 的小九原先靜止立於甲車之上，眼看就要撞上前方的乙車，於是奮力向前一跳，以對地面 $4v$ 的水平速度，由甲車跳上乙車。若不考慮任何阻力，則

- (1) 小九跳離甲車後，甲車的速度為_____。
- (2) 小九跳上乙車後，乙車的速度為_____。



範例 3

質量 4 公斤的木塊在光滑水平地面上以初速度 5 公尺 / 秒滑出，有一質量 1 公斤的黏土，從木塊的正上方以微小速度落下，並和木塊黏在一起，如下圖。求被撞擊後，木塊與黏土合起來的速度量值為多少？



範例 4

甲的質量為 50 公斤，乙的質量為 25 公斤，兩人在溜冰場的水平冰面上，開始時都是靜止的。兩人互推後，甲、乙反向直線運動，甲的速度為 0.1 公尺/秒（向右），乙的速度為 0.2 公尺/秒（向左）。假設互推的時間為 0.01 秒，忽略摩擦力及空氣阻力，將甲、乙視為一個孤立系統，則下列敘述，何者正確？（應選 2 項）

- (A) 甲在互推後之動量為 $5 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ （向右） (B) 在互推後，甲所受的平均推力為 250 牛頓（向左）
(C) 系統在互推前後，遵守動量守恆 (D) 甲、乙兩人在互推前後之動量變化相同
(E) 在互推期間，甲、乙兩人之平均加速度量值相同

範例 5

甲、乙兩人分別靜坐在小船的船頭與船尾。開始時，小船停在靜止的水中。甲以水平方向的速度 \vec{v}_0 將質量為 m_0 的球擲向乙，同一時間乙以水平方向的速度 $-2\vec{v}_0$ 將一質量相同的球擲向甲。已知甲、乙兩人的質量均為 m ，船的質量為 M 。將甲、乙兩人、兩顆球及船視為一個孤立系統，並假設水對船的阻力可以不計，且在空中時，球速的改變可以忽略不計，則：

(1) 兩球仍在空中時，兩球之動量和為：

(A) $m_0 \vec{v}_0 + m \vec{v}_0 (-2\vec{v}_0)$ (B) $m_0 \vec{v}_0 + m_0 (2\vec{v}_0)$ (C) $m_0 (-\vec{v}_0) + m_0 (-2\vec{v}_0)$ (D) 0

(2) 兩球仍在空中時，船對地的速度為：

(A) $\frac{m_0}{M+2m+2m_0} \vec{v}_0$ (B) $-\frac{m_0}{M+2m+2m_0} \vec{v}_0$ (C) $-\frac{m_0}{M+2m} \vec{v}_0$ (D) $\frac{m_0}{M+2m} \vec{v}_0$

(3) 甲乙兩人若都接到彼此丟出的球，問此時船的末速為多少？

(4) 若甲有接到球，但是乙沒有接到球，問此時船的末速為多少？

範例 6

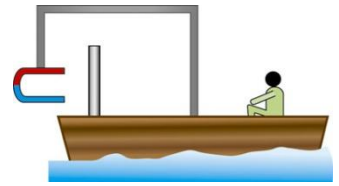
一模型火箭（內含廢氣） 4 kg ，正以 10 m/s 之速度升高，若於此瞬間火箭再向下以對地之速度 5 m/s 噴發廢氣（廢氣質量為 1.5 kg ），則：

- (1) 火箭噴發廢氣前之動量為何？
- (2) 噴出的廢氣之動量為何？
- (3) 噴氣後火箭對地的瞬時速率為何？

課後練習

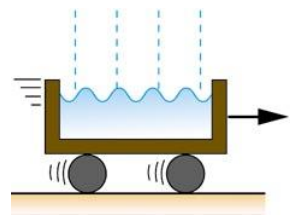
單選題

- () 1. 一艘小船在海上張著帆。由於沒有風，小船不動。一個水手突然想出一個主意可令小船運動：在甲板上固定著一個鐵板，把強力的馬蹄形磁鐵如右圖用塑膠支架固定在鐵片前方，利用磁鐵對鐵片的吸引力牽引船隻，則船隻的運動情形為：



(A)向前運動 (B)向後運動 (C)完全不動 (D)改成條狀磁鐵才會動才向前運動

- () 2. 一個開口的貨車車箱，在摩擦力可忽略的鐵軌上等速前進，突然下起了垂直落下的雨，如右圖所示。假設雨水積在車上不會排掉，且忽略前方雨滴撞擊之效應，若將滴入車箱之雨滴與車箱視為一系統，則車箱的速度與系統動量的量值將會如何？

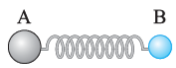


	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
貨車速度量值	減少	減少	不變	不變	不變
系統動量量值	不變	減少	減少	增加	不變

- () 3. A、B 兩物質量分別為 2 公斤、6 公斤，速度量值分別為 6 公尺/秒、3 公尺/秒，若兩者相向運動發生碰撞而結為一體，則兩物的動量變化量值之比為：
- (A) 2 : 3 (B) 3 : 2 (C) 1 : 3 (D) 3 : 1 (E) 1 : 1
- () 4. 質量均為 1 kg 的兩小車以輕彈簧連結在一起，同以 0.5 m/s 的速度向右運動，在某一時刻彈簧突然鬆開，使得其中一車以 0.8 m/s 的速度向右運動，則另一車的速率為多少 m/s？
- (A)0.1 (B)0.2 (C)0.3 (D)0.4 (E)0.5
- () 5. 質量為 1.00 公斤的物體以 3.0 公尺/秒向東的速度沿水平方向前進時，突然分裂為 A、B 兩塊，若裂開時 A 塊的質量為 0.20 公斤，速度為 5.0 公尺/秒向東，則此時 B 塊的速度為何？
- (A)1.0 公尺/秒，向東 (B)2.0 公尺/秒，向西 (C)2.5 公尺/秒，向東 (D)3.0 公尺/秒，向西 (E)3.5 公尺/秒，向東。
- () 6. 質量為 20 公斤的小車以 2.0 公尺/秒的速率在光滑的水平地面上運動，而質量為 60 公斤的人（原在小車上隨車運動）跳出此車，當此人到達地面時，對地面沒有相對運動，則小車的速度會變為何？
- (A)向後，4 公尺/秒 (B)向後，2 公尺/秒 (C)向前，8 公尺/秒 (D)向前，6 公尺/秒 (E)靜止

- () 7. 一塊黏土鉛直落在水平移動的滑車上並黏住，若滑車移動的表面為光滑面，則將黏土與滑車視為同一系統來看時，整個過程中下列敘述何者正確？
 (A)此系統在鉛直方向動量守恆 (B)黏土的動量沒有變化 (C)此系統在水平方向的動量始終維持不變 (D)滑車的動量始終維持不變 (E)此系統的總動量始終維持不變
- () 8. 質量為 250 公斤的砲身靜止於光滑的地面上，沿水平方向發射質量為 50 公斤的砲彈，砲彈射出時相對於地面的水平速度為 20 公尺／秒，若砲身可以自由後退，求砲身對地面的速度量值為多少公尺／秒？
 (A)2.4 (B)3.3 (C)4 (D)5 (E)8
- () 9. 警察使用一手槍，發射一顆質量為 m 的子彈，若子彈離開槍口的速度為 v 向東，手槍的質量為 M ，則手槍所受作用力方向為何？(A)向東 (B)向西 (C)不受力 (D)向上 (E)向下。

多選題

- () 10. 某武俠小說中有一段如下的敘述：「李大俠跳高三丈，原已無法再上升，但他左腳蹬右腳，再升高三尺。」這句話違反下列哪些物理定律？（多選） (A)作用和反作用力定律 (B)質量守恆定律 (C)能量守恆定律 (D)動量守恆定律 (E)萬有引力定律。
- () 11. 質量比為 2 : 1 的 A、B 兩物體，分別繫於彈簧的兩端，靜止放置在光滑水平面上；今將彈簧壓縮後彈開，如右圖所示，則下列敘述哪些正確？

 (A)兩物體所受作用力的量值相等 (B)A、B 兩物體的速率比為 1 : 2 (C)兩物體的動量量值相等 (D)A、B 兩物體的加速度比為 1 : 2 (E)兩物體的動量和恆為零
- () 12. 獨立系統中之兩物互相以力作用後，兩者：(應選 3 項)
 (A)動量量值相同 (B)動量變化量值相等而反向 (C)速度變化量量值相等而反向 (D)系統總動量和不變 (E)系統總動量變化為零
- () 13. 兩質量不同之物體，分別繫於彈簧兩端，靜止放在光滑水平面上。將彈簧拉長一短距離後放開，則：(應選 3 項)
 (A)彈簧對兩物體之作用力量值相等 (B)彈簧對兩物體之作用力量值與其質量成反比 (C)兩物體之速率與其質量成正比 (D)兩物體之動量量值相等 (E)兩物體之動量變化量值相等
- () 14. 不考慮摩擦力的影響，下列敘述何者正確？(應選兩項) (A)在帆船上用電風扇吹帆，船無法因此而前進 (B)想要太空漫步之太空人，利用噴出氣體前進，此整體系統動量不守恆 (C)兩人站立於冰上互推，整體系統動量不守恆 (D)當小船靠岸時，人往岸上跳，船會後退 (E)當小船靠岸時，人往岸上跳，船會前進。

- ()15. 一輛卡車與小汽車在直線道路上發生碰撞，則下列敘述何者正確？（應選兩項）(A)碰撞前後，卡車動量保持不變 (B)碰撞前後，小汽車動量保持不變 (C)兩車所受的動量變化，大小相等、方向相反 (D)碰撞中，系統整體而言一直保持靜止 (E)碰撞前後，兩車所受作用力大小相同。
- ()16. 自水平地面斜向射出的砲彈，在最高點時爆炸成等質量之兩碎片，爆炸後瞬間，兩碎片均僅有水平方向之動量，若不計空氣阻力，則下列敘述何者正確？（應選三項）(A)爆炸後瞬間，兩碎片的動量和為零 (B)兩碎片整體而言，在落地前遵守動量守恆律 (C)兩碎片著地時間相等 (D)爆炸後，兩碎片運動軌跡均為拋物線(E)爆炸後至落地的過程中，兩碎片整體而言，其運動軌跡為一拋物線。

答案 1.C 2.A 3.E 4.B 5.C 6.C 7.C 8.C 9.B 10.AD 11.ABCDE 12.BDE 13.ADE 14.AD
15.CE 16.CDE