

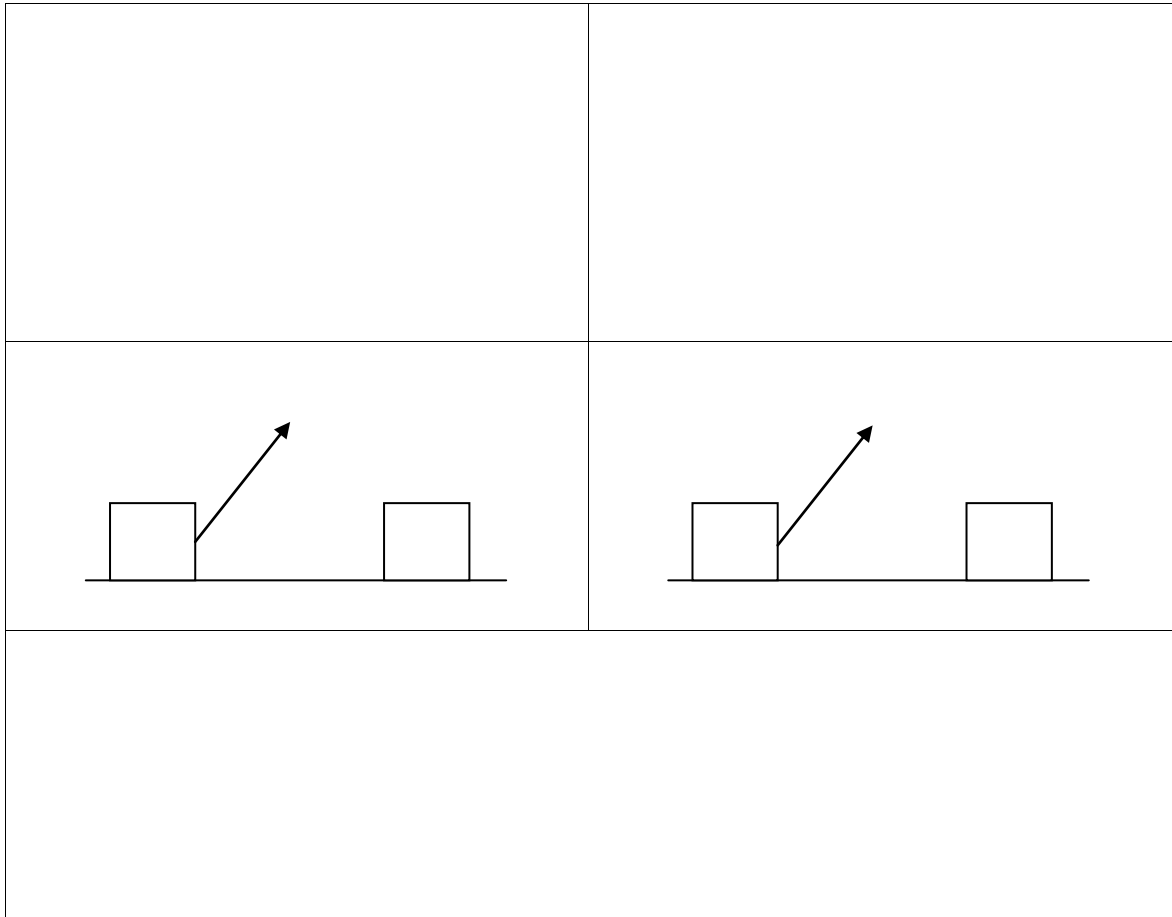
壹、功

一、功的定義

1. 定義：

施力  $\vec{F}$  與位移  $\vec{S}$  沿施力方向的分量之乘積，稱為施力對物體所作的功。

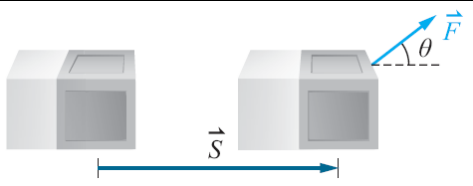
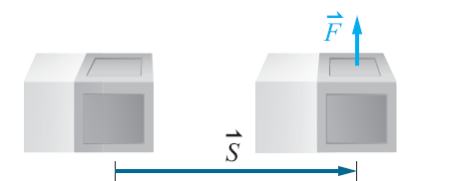
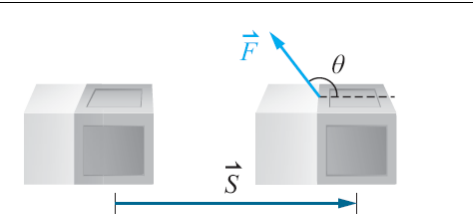
2. 數學式



3. 功的性質：

- (1) 功為\_\_\_\_\_
- (2) 功有\_\_\_\_\_，代表系統能量的變化量。
- (3) 功有\_\_\_\_\_，代表系統能量的增減。
- (4) 作功的大小與作功過程所經歷的時間長短無關。
- (5) 功具有\_\_\_\_\_，不同時間作的功可以相加。(作功代表能量的傳遞，是純量，故可累積。)
- (6) 某系統(物體)受數力同時作用時，則對系統所作的功：  
功 = 各力所作之功的\_\_\_\_\_ = 各力之\_\_\_\_\_所作的功

二、功的正負：功是純量，並沒有方向之分，但是有正負之分

圖示	功的正負	功的效果
		(推) 力作 _____ 物體 _____ 能量。 例如：順推鞦韆變快。
		施力不作功 物體總能量 _____。 例如：鞦韆繩的張力不會使鞦韆變快或變慢。
		(阻) 力作 _____ 使物體 _____ 能量。 例如：逆推鞦韆變慢。

補充說明  $W=0$  的狀況有三種類型：

1.  $F=0$  (各分力所作的功有正功、負功，且各分力所作功之和  $=0$ )

例如：

2.  $S=0$

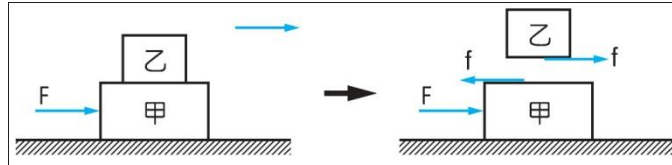
例如：用力推牆壁而牆壁不動，手提物體不讓物體移動。

3.  $\vec{F} \perp \vec{S}$ ：外力與位移互相垂直時。

例如

4. 摩擦力作功(1)

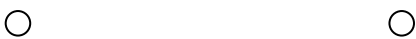
甲、乙兩木塊疊在一起放在光滑桌面上，如下圖所示。若施一力  $F$  作用在甲上，使兩木塊一起向右運動，則：



- (1)
- (2)
- (3)
- (4)

5. 摩擦力作功(2)

子彈以一初速  $v$  射向一木塊最後與木塊一同滑動，木塊與地板間沒有摩擦力，子彈進入木塊的距離為  $d$ ，子彈進入木塊到兩者速度相同時，木塊前進的距離為  $L$

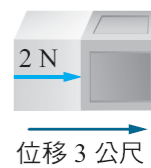
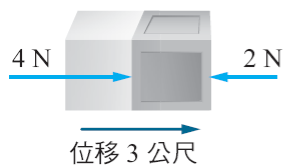


## 三、單位

1. 功的 SI 制單位為牛頓·公尺 = \_\_\_\_\_，符號記為 J。對物體施力 1 牛頓而使物體沿力的方向位移 1 公尺時，此力作功的量值為 \_\_\_\_\_。

## 四、功的合成

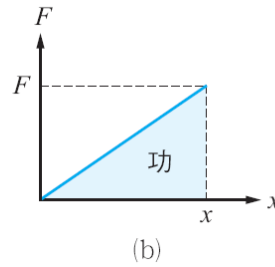
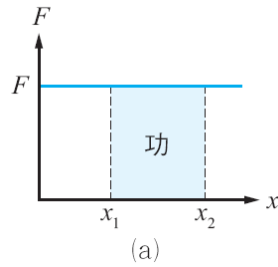
1. 物體若同時受多個力作用，則合力對物體所作的功 = 各分力的作功之代數和。亦即合力對物體提供的能量 = 各分力對物體提供的能量之代數和。



2. 某系統（物體）受數力同時作用時，則對系統所作的功：  
功 = 各力所作之功的 \_\_\_\_\_ = 各力之 \_\_\_\_\_ 所作的功

## 五、F-x 圖

1. 由作用力與位置的函數圖，可計算外力所作的功：



2. 一質點沿  $x$  軸受一定力  $F$  作用，如圖(a)所示，質點由  $x=x_1$ ，到  $x=x_2$ ， $F$  所作的功  $W_1 = F(x_2 - x_1) = F \cdot x$  函數圖與  $x$  軸所包圍的\_\_\_\_\_。
3. 如圖(a)所示，若質點由  $x=x_2$  到  $x=x_1$ ，受力仍為  $F$ ，則  $F$  所作的功  $W_2 = F(x_1 - x_2) = -W_1$ 。
4. 若外力不是定力， $F-x$  函數圖與  $x$  軸所包含的面積 = \_\_\_\_\_，仍然成立，如圖(b)所示。

## 範例 1

下列哪一情況，力對物體作功不為零？(A)物體作等速圓周運動時，向心力對物體所作之功 (B)小芷用力推牆，牆固定不動，她施力對牆所作之功 (C)汽車作等速直線運動時，它所受的合力對此汽車所作之功 (D)小玉沿溜滑梯等速下滑，正向力對小玉所作之功 (E)滑雪者沿著斜坡等速下滑過程中，所受的重力對人所作之功。

## 類題 1-1

小淮將手中棒球以一速度垂直向上拋出，棒球上升達最高點後向下落回小淮手中，如下圖所示，則下列敘述何者正確？（應選兩項）(A)上升期間，重力作正功 (B)上升期間，重力作負功 (C)下落期間，重力作正功 (D)下落期間，重力作負功 (E)下落期間，重力不作功。 (B)(C)

## 類題 1-2

有關「功」的敘述，下列何者正確？（多選）(A)施力於物體必對其作功 (B)對質點作功不為零，質點必有位移 (C)功與速度的方向相同 (D)功的SI制單位為牛頓·公尺 (E)功的SI制單位為焦耳。 (B)(D)(E)

## 類題 1-3

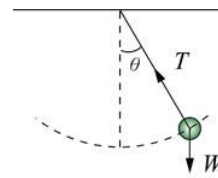
有關施力對物體所作的功，下列敘述何者正確？（多選）(A)若施力與位移同方向，則施力作正功 (B)若施力與位移垂直，則施力作負功 (C)若施力與位移反方向，則作功為零 (D)若施力為零，則作功必為零 (E)作功為零，則位移必為零。 (A)(D)

## 類題 1-4

下列選項中，作功恆為零者有哪幾項？（多選）(A)單擺擺動時，擺線張力對擺錘所作的功 (B)單擺擺動時，重力對擺錘所作的功 (C)物體作等速率圓周運動時，向心力對物體所作的功 (D)人跳高時，重力對人所作的功 (E)滑雪時，地面正向力對滑雪者所作的功。 (A)(C)(E)

範例 2

如右圖所示，一單擺左右來回擺動，擺錘受有重力  $W$ 、擺線的張力  $T$  與空氣阻力  $R$ 。下列有關此三力對擺錘作功的敘述何者正確？



- (A)  $W$  一定作正功， $T$  一定作負功 (B)  $R$  一定作負功， $T$  一定不作功  
 (C)  $W$  一定作正功， $R$  一定作負功 (D)  $T$  與  $W$  一定作正功， $R$  一定作負功  
 (E)  $W$  與  $R$  一定作負功， $T$  一定不作功

類題 2

有關擺錘作單擺運動過程中，各力作功之敘述，下列何者正確？（應選 3 項）

- (A) 下降過程中，張力作正功 (B) 下降過程中，重力作正功 (C) 上升過程中，張力作負功  
 (D) 上升過程中，重力作負功 (E) 最低點時，張力對擺錘不作功 B D E

範例 3

小華在水平路上推一購物車，推力 50 牛頓與路面成 60 度，若車子在 10 秒內等速前進 8 公尺，則：  
 （應選 2 項）

- (A) 推力所作之功為 200 焦耳 (B) 推力所作之功為 400 焦耳 (C) 摩擦力所作之功為 200 焦耳  
 (D) 重力所作之功為 346 焦耳 (E) 合力所作之功為 0

類題 3

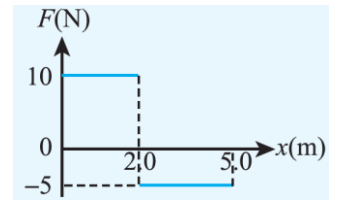
一光滑斜面和水平面成 30 角。今有質量為 1 公斤的物體，由靜止開始，沿著斜面下滑 2 公尺的距離，則就整個運動過程而言，下列有關「功」的敘述，何者錯誤？（重力加速度為 9.8 公尺/秒<sup>2</sup>）

- (A) 重力垂直於斜面的分力，總共作了 9.8 焦耳的功 (B) 重力平行於斜面的分力，總共作了 9.8 焦耳的功  
 (C) 重力總共作了 9.8 焦耳的功 (D) 斜面施於物體的正向力，總共作了 0 焦耳的功 A

範例 4

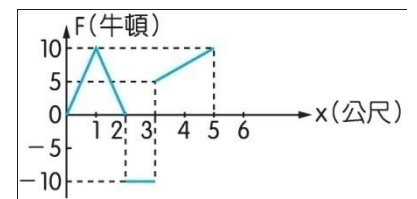
一物體受右圖所示之外力，由位置 0 公尺移至 5.0 公尺，則

- (1)物體由位置 0 公尺移至 2.0 公尺，外力作功\_\_\_\_\_焦耳。
- (2)物體由位置 2.0 公尺移至 5.0 公尺，外力作功\_\_\_\_\_焦耳。
- (3)物體由位置 0 公尺移至 5.0 公尺，外力作功\_\_\_\_\_焦耳。



類題 4-1

一物體靜置於一水平面上，受一力  $F$  作用後，物體移動 5 公尺，若力與距離的關係如右圖所示，則此物體移動 5 公尺後，共獲得若干焦耳的能量？

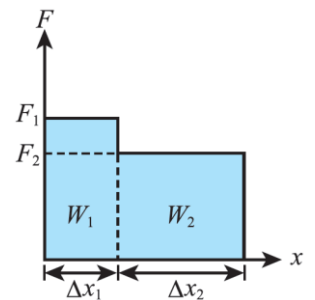


15

類題 4-2

小明施力推動一個靜止的箱子，其  $F-x$  關係如圖所示，則小明對箱子所作的功為\_\_\_\_\_。

$$F_1\Delta x_1 + F_2\Delta x_2$$





### 範例 5

一質量 2 公斤的物體，原靜置於光滑的水平面上，受到 2 牛頓水平力作用，經歷 6 秒，則該水平力作功\_\_\_\_\_焦耳。

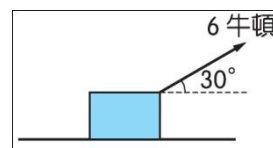
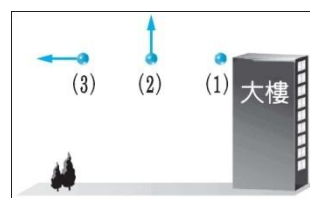
### 範例 6

某人沿  $x$  方向推一物體，其施力量值為位置的函數： $F(x) = x + 2$  (SI 制)，則此力由  $x=0$  到  $x=6$  所作的功為(A) 12 (B) 15 (C) 18 (D) 20 (E) 30 焦耳。

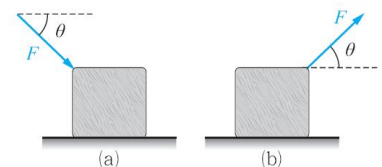
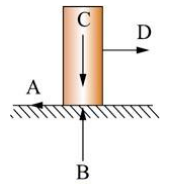
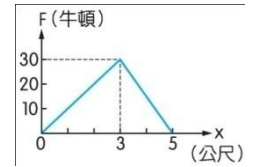
課後練習

單選題

- ( ) 1. 有關功與力的敘述，下列何者錯誤？(A)施力有方向，作功結果也有方向 (B)施力與位移同方向，該力作正功 (C)施力與位移反方向，該力作負功 (D)施力與位移垂直，該力不作功 (E)力與功是不同的物理量。
- ( ) 2. 丁丁以 100 牛頓的力，將鐵塊由高度 80 公分的桌面緩緩向下移至地面，丁丁對鐵塊作功若干焦耳？(A) 8000 (B) 80 (C) 0 (D) -80 (E) -8000。
- ( ) 3. 某人將質量 4 公斤的手提箱由地面等速提至高度為 0.5 公尺後，沿水平面緩慢行走 2 公尺。設行走時手提箱維持在離地 0.5 公尺的高度，求此人對手提箱總共作了多少焦耳的功？(重力加速度約為 10 公尺 / 秒<sup>2</sup>) (A) 20 (B) 40 (C) 50 (D) 80 (E) 100。
- ( ) 4. 小揚背著 2 公斤的背包，水平移動 8 公尺再向上攀爬 5 公尺，重力加速度為 10 公尺 / 秒<sup>2</sup>，小揚對背包總共作了多少焦耳的功？(A) 20 (B) 100 (C) 160 (D) 200 (E) 260
- ( ) 5. 三個相同的小球，分別由樓頂(1)靜止釋放、(2)鉛直上拋、(3)水平拋出，最後均落地。忽略空氣阻力，飛行過程中，重力對三個小球作功的大小關係為何？(A)  $W_1 > W_2 > W_3$  (B)  $W_1 < W_2 < W_3$  (C)  $W_2 > W_1 > W_3$  (D)  $W_2 < W_1 < W_3$  (E)  $W_1 = W_2 = W_3$ 。
- ( ) 6. 質量 50 公斤的小孩自高度 2.0 公尺、長度 4.0 公尺的滑水道滑入水面，重力加速度為 10 公尺 / 秒<sup>2</sup>，重力對小孩作功若干焦耳？(A) 100 (B) 200 (C) 500 (D) 800 (E) 1000。
- ( ) 7. 以 100 牛頓之水平拉力拉重 40 牛頓的靜止木塊，使其在水平面上移動 10 公尺，則拉力作功若干焦耳？(A) 40 (B) 100 (C) 400 (D) 1000 (E) 2000。
- ( ) 8. 某人以 60 牛頓之力舉起質量為 5 公斤的物體，使之離地加速上升，經 0.5 秒後，求某人施力所作的功為若干？( $g=10$  公尺 / 秒<sup>2</sup>) (A) 15 (B) 12 (C) 9 (D) 6 (E) 3 焦耳。
- ( ) 9. 用繩繫住一質量為  $M$  之木塊，今將木塊以  $\frac{g}{4}$  的等加速度垂直下降  $d$  的距離，則繩對木塊作功(A)  $\frac{Mgd}{4}$  (B)  $\frac{Mgd}{2}$  (C)  $\frac{3Mgd}{4}$  (D)  $-\frac{Mgd}{4}$  (E)  $-\frac{3Mgd}{4}$ 。
- ( ) 10. 施 6 牛頓的拉力於光滑水平面上質量為 1 公斤的木塊，如下圖所示。當木塊移動的距離為 10 公尺時，拉力作功為(A) 0 (B) 30 (C)  $30\sqrt{3}$  (D) 60 (E)  $60\sqrt{3}$  焦耳。

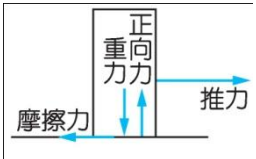


- ( ) 11. 甲在 80 秒內將一個 40 公斤重的物體抬高 20 公尺，乙則在 40 秒內將此物體自同一位置抬高至相同高度，則甲、乙兩人對此物體所作的功，其量值之比為若干？(A) 1 : 2 (B) 1 : 1 (C) 2 : 1 (D) 3 : 2 (E) 2 : 3。
- ( ) 12. 某物體受到一向北的力作用，其力與位置的關係曲線如下圖所示。則在 5 公尺內，此力所作的功為(A) 300 (B) 150 (C) 75 (D) 50 (E) 25 焦耳。
- ( ) 13. 功的單位可表為：  
(A) 公斤·公尺 (B) 公斤·公尺/秒 (C) 公斤·公尺<sup>2</sup>/秒<sup>2</sup> (D) 公斤/公尺<sup>2</sup> (E) 公斤/公尺·秒
- ( ) 14. 如右圖，一個箱子在平面上向右滑行時，受到 A、B、C、D 等四個力的作用，則下列何者作功為負值？  
(A) A (B) B (C) C (D) D (E) B 與 C
- ( ) 15. 一質量為 0.5 kg 的蘋果自高處 10 m 的樓頂上釋放到著地期間，重力對蘋果作功為若干焦耳？(g=9.8 公尺/秒<sup>2</sup>)  
(A) 98 (B) 49 (C) -49 (D) -98 (E) 24.5
- ( ) 16. 一定力沿水平方向將質量為  $m$  的物體在水平面上向前推移  $S$ ，作功  $W_1$ ；沿斜面用同樣量值的力，將質量為  $2m$  的物體沿斜面向上推移  $S$ ，作功  $W_2$ ；仍用同樣量值的力，力是鉛直向上，將質量為  $3m$  的物體鉛直向上拉動  $S$ ，作功  $W_3$ ，則  $W_1$ 、 $W_2$ 、 $W_3$  的關係為何？  
(A)  $W_1 = W_2 = W_3$  (B)  $W_1 > W_2 > W_3$  (C)  $W_1 < W_2 < W_3$  (D)  $W_1 = W_2 \neq W_3$
- ( ) 17. 圖(a)、圖(b)所示為兩個量值相同、方向不同的力，作用於相同的木塊上，假定木塊的位移均為  $d$ ，則下列敘述何者正確？  
(A) 圖(a)中，施力對木塊所作的功比圖(b)多  
(B) 圖(a)中施力對木塊作正功，圖(b)中施力對木塊作負功  
(C) 圖(a)中施力對木塊作負功，圖(b)中施力對木塊作正功  
(D) 圖(a)中重力對木塊不作功，圖(b)中重力對木塊作正功  
(E) 圖(a)與圖(b)中，施力  $F$  作功相同，且都作正功。
- ( ) 18. 下面哪一單位不能代表「功」？  
(A) 牛頓·公尺 (B) 公斤重·公尺 (C) 牛頓·公分 (D) 公斤·公尺/秒<sup>2</sup> (E) 公克·公分<sup>2</sup>/秒<sup>2</sup>。
- ( ) 19. 甲在 30 秒內將一個質量為 20 公斤重的物體等速抬高 10 公尺，乙在 15 秒內將此物體由同一位置等速抬至相同高度，則甲、乙兩人對此物體所作的功，其量值比為何？  
(A) 1 : 2 (B) 2 : 1 (C) 1 : 1 (D) 1 : 4 (E) 4 : 1

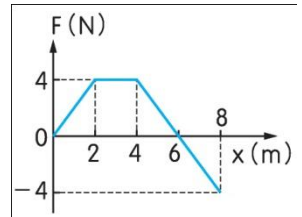


- ( ) 20. 某人以 70 牛頓的力舉起質量為 5 公斤的物體，使其離地加速上升，設重力加速度  $g = 10$  公尺/秒<sup>2</sup>，則經過 1 秒後，求舉起物體的作用力作功為多少焦耳？(A)70 (B)140 (C)280 (D)350 (E)490。

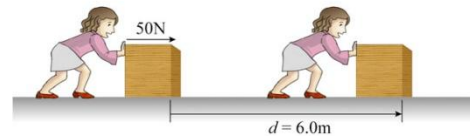
多選題

- ( ) 21. 下列各情況中，何者作功必為零？（應選三項）(A)單擺由最高點擺至最低點，重力對擺錘所作的功 (B)單擺由最高點擺至最低點，繩子拉力對擺錘所作的功 (C)坐雲霄飛車時，軌道正向力對飛車所作的功 (D)人造衛星繞地球作圓周運動，萬有引力對衛星所作的功 (E)滑車在水平面上減速至靜止，摩擦力對滑車所作的功。
- ( ) 22. 一個箱子在平面上向右等加速運動時，受到右圖示四個力的作用，下列敘述哪些正確？（應選三項）(A)推力對箱子作正功 (B)重力對箱子不作功 (C)正向力對箱子作負功 (D)摩擦力對箱子作負功 (E)箱子的動能維持不變。
- 
- ( ) 23. 下列敘述，何者錯誤？（應選三項）(A)有施力，必有作功 (B)有位移，必有作功 (C)當施力與位移均一定時，作功與時間無關 (D)一物體同時受數力作用，則所作總功為各力所作功之總和 (E)在任何情況下，功皆與路徑無關。
- ( ) 24. 下列各情況中，何者作功為零？（應選三項）(A)以相同大小的力，將物體沿水平面來回推動一次，推力所作的功 (B)將物體由地面拋出到落回地面，重力所作的功 (C)將物體掛在鉛直懸吊的彈簧下端，當物體達平衡而靜止時，彈力對物體所作的功 (D)單擺運動中，擺錘所受擺線上的張力對擺錘所作的功 (E)行星繞太陽運行，由近日點到遠日點，重力對行星所作的功。
- ( ) 25. 在下列何種情況下，手對皮箱所作之功為零？（應選三項）(A)手提皮箱靜候公車 (B)為追趕公車，手提皮箱等速在水平路面上跑 (C)提皮箱走上高  $h$  的公車 (D)提皮箱在斜坡上，沿斜坡等速向下走 (E)提皮箱上下樓梯一趟。
- ( ) 26. 下列各情況中，何者作功為零？（應選三項）(A)火箭升空時，重力對火箭所作的功 (B)鉛球拋出後，在飛行過程中，手對鉛球所作的功 (C)一等速運動的汽車，引擎對汽車所作的功 (D)一物體作等速圓周運動，向心力對物體所作的功 (E)某人扶住一傾斜的柱子使其不倒，此人對柱子所作的功。
- ( ) 27. 將一質量為 2 公斤的木塊以繩繫住鉛直懸掛，今施以  $F$  之拉力使靜止的木塊以 3 公尺/秒<sup>2</sup> 的等加速度向上移動 24 公尺，若  $g = 10$  公尺/秒<sup>2</sup>，則下列敘述，何者正確？（應選兩項）(A)  $F = 6$  牛頓 (B)  $F$  作用的時間為 6 秒 (C)  $F$  共作功 144 焦耳 (D)重力作功 -480 焦耳 (E)物體的末速為 12 公尺/秒。
- ( ) 28. 一質量為 1 kg 的物體，由高度為 20 m 處靜止自由落下，若  $g = 10$  m/s<sup>2</sup>，不計任何阻力，則下列敘述何者正確？（應選兩項）(A)物體經 2 秒後著地 (B)物體著地時的速率為 30 m/s (C)下落期間重力作功 200 J (D)在第 2 秒內，重力作功 100 J (E)全程，第 1 秒內與著地前 1 秒內，重力所作的功之大小比為 1:2。

- ( ) 29. 物體在一直線運動時受一外力作用，其力與位置的關係圖如右所示。則下列敘述何者正確？（應選兩項）(A)物體由  $x=0$  移動到  $x=2$  m 期間，外力對物體作正功 (B)物體由  $x=2$  m 移動到  $x=4$  m，外力對物體不作功 (C)物體由  $x=4$  m 移動到  $x=6$  m，外力對物體作負功 (D)物體由  $x=6$  m 移動到  $x=8$  m，外力對物體作負功 (E)物體由  $x=0$  移動到  $x=8$  m，外力對物體作功為 20 J。



- ( ) 30. 如右圖所示，一女生手推質量為 20 公斤的箱子，由於箱子與地面有摩擦力，她以 50 牛頓的力沿水平方向將箱子等速向前推了 6.0 公尺，則：（應選 2 項）



- (A)此女生對箱子作功 300 焦耳 (B)重力對箱子作功 300 焦耳 (C)摩擦力對箱子作功 300 焦耳 (D)地面給箱子之正向力對箱子作功 300 焦耳 (E)合力對箱子作功 0 焦耳
- ( ) 31. 下列說法中，哪些是錯誤的？（應選四項）
- (A)力不為零時，作功也不為零  
 (B)物體在作加速度直線運動時，一定有外力對物體作功  
 (C)物體在作等速圓周運動時，一定有外力對物體作功  
 (D)物體在作等速圓周運動時，沒有外力作用  
 (E)物體在作等速圓周運動時，也可說是在作等加速運動
- ( ) 32. 下列有關功的敘述，哪些正確？（應選三項）
- (A)等速運動的汽車，引擎對汽車所作的功為零  
 (B)在水平地面上，手推重物作圓周運動回到出發點時，手施力對重物作功為零  
 (C)一物體作等速圓周運動時，向心力對物體作功為零  
 (D)沿粗糙地面推一重物等速前進時，手對重物作正功  
 (E)人用手扶住傾斜的書桌而使其不倒，則手對書桌的作功為零。

答案 1.A 2.D 3.A 4.B 5.E 6.E 7.D 8.A 9.E 10.C 11.B 12.C 13.C 14.A 15.B  
 16.A 17.E 18.D 19.C 20.B 21.BCD 22.ABD 23.ABE 24.BCD 25.ABE 26.BDE  
 27.DE 28.AC 29.AD 30.AE 31.ACDE 32.CDE

## 貳、動能與功能定理

## 一、動能的定義

## 1. 定義：

物體因運動而具有的能量，與物體的質量、運動快慢有關


## 2. 動能的性質

- (1) 動能單位與功的單位相同，皆為焦耳 (J)。
- (2) 動能為一純量且恆為正。
- (3) 動能與質量成\_\_\_\_\_比。
- (4) 動能與速率平方成\_\_\_\_\_比。
- (5) 動能之值與運動方向\_\_\_\_\_。
- (6) 動能 ( $K$ ) 與動量 ( $p$ ) 的量值關係：

(7) 動能 ( $K$ ) 與向心力 ( $F$ ) 的量值關係：

(8) 動能變化量

3. 動能與動量的比較

	動能 ( $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ )	動量 ( $\vec{p} = m\vec{v}$ )
SI 制單位	焦耳 (J)	公斤 · 公尺/秒 (kg · m/s)
向量或純量	純量	向量
兩者關係	<p>1. 單一質點時, <math>E_k = \underline{\hspace{2cm}}</math> 或 <math>p = \underline{\hspace{2cm}}</math>。</p> <p>2. 含有兩個以上質點的系統, 當總動能為零時, 總動量必為零; 當總動量為零時, 總動能不一定為零。</p> <p>※ (1) 動能 <math>E_k = \frac{1}{2}mv^2</math>, 故總動能為零時, 所有質點的速度必皆為零, 故總動量必為零。</p> <p>(2) 動量 <math>\vec{p} = m\vec{v}</math> 當總動量為零時, 代表所有質點動量的向量和為零, 個別質點的速度不一定為零, 故總動能不一定為零, 附圖為最簡單的例子。</p> <div style="text-align: center;">  </div>	

## 二、功能定理

1. 功能定理：\_\_\_\_\_對物體所作的功等於物體\_\_\_\_\_，以數學式表示為
  
2. 淨力對物體所作的功與物體動能變化的關係：
  - (1) 淨力對物體做正功  $\Rightarrow$  物體動能增加
  - (2) 淨力對物體做負功  $\Rightarrow$  物體動能減少
  - (3) 淨力對物體不作功  $\Rightarrow$  物體動能不變，且物體可能改變速度方向，不改變速度量值
  
3. 適用範圍：此結果不僅於定力可以適用，在非定力的情況下也適用；故若在變力作功的情況下求作功的量值時，只要算出物體動能的變化量即可求出。



## 範例 1

有關「動能」的敘述，下列何者正確？（多選） (A)物體的動能和速度大小成正比 (B)動能的單位可為公斤·公尺<sup>2</sup>/秒<sup>2</sup> (C)動能的單位和「功」的單位相同 (D)動能是向量 (E)物體具有動能時，即有對外作功的能力。

## 範例 2

一質量 1000 公斤的汽車，由靜止起加速至車速 72 公里/時，則汽車在加速期間動能增加若干焦耳？

## 範例 3

車由匝道進入高速公路，速度由 30 km/h 加速到 90 km/h。請問此車的最後動能和最初動能比值為：

(A)  $\sqrt{3}$  (B) 3 (C) 9 (D)  $\frac{1}{3}$  (E)  $\frac{1}{9}$

## 範例 4

質量分別為 2 kg 和 3 kg 的 A、B 兩物體，若 A、B 兩物體運動時的動量量值比為 1：2，則此時兩物體動能之比為何？

## 類題 4-1

下列情形，何者可能存在？（多選） (A)一物體具有能量，但不具有動量 (B)一物體具有動量，但不具有動能 (C)一物體不具有動量，亦不具有動能 (D)一物體速率增大時其動量亦增大 (E)一物體質量大，但動量小。

## 類題 4-2

下列關於動量與動能的敘述，哪些正確？（多選） (A)動能為向量 (B)動量為純量 (C)動量的 SI 制單位為公斤·公尺/秒 (D)由兩個質點所組成的系統，當總動能為零時，總動量必為零 (E)承(D)，當總動量為零時，總動能不一定為零。 CDE

## 類題 4-3

下列敘述，何者正確？（應選 3 項）

(A)動能為純量 (B)動量為純量 (C)具有同動能兩物體，質量大的，動量也大 (D)若一物體的動量量值增加時，動能必隨之增加 (E)動量相等的兩物體，它們的動能也必定相等 ACD

## 範例 5

如下圖所示，在光滑水平桌面上有一質量為 2.0 公斤的物體，初速為 4.0 m/s 向右運動，且同時受一 4.0 牛頓向右的定力作用，時間維持了 3.0 秒，則下列何者正確？（應選 3 項）



- (A) 物體在這 3 秒內之平均加速度為  $1 \text{ m/s}^2$  (B) 物體在第 3 秒末之速度為  $10 \text{ m/s}$  (C) 物體的初動能為  $16 \text{ J}$  (D) 物體在這 3 秒內位移為  $20 \text{ m}$  (E) 在這 3 秒的時間內，淨力對物體所作的功為  $84 \text{ J}$

## 類題 5

一質量為  $m$  之物體，以  $v$  之速度在水平面上運動，當移動  $S$  距離時，其速度變為

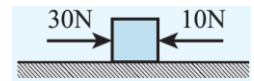
$\frac{v}{3}$ ，則淨力對物體所作的功為何？

- (A)  $\frac{1}{9}mv^2$  (B)  $-\frac{1}{9}mv^2$  (C)  $\frac{4}{9}mv^2$  (D)  $-\frac{4}{9}mv^2$  (E)  $\frac{5}{9}mv^2$

D

範例 6

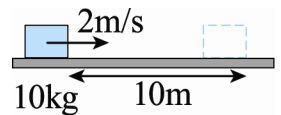
一木塊靜止在光滑水平面上，同時受到兩個方向相反的水平力作用，而移動 10 公尺，如圖所示，則



- (1) 合力作功之值為\_\_\_\_\_焦耳。
- (2) 木塊的末動能為\_\_\_\_\_焦耳

範例 7

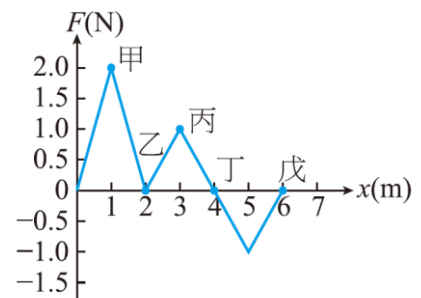
如圖所示，質量 10 公斤的木塊，以初速 2 公尺/秒在水平桌面上向右滑出，已知該木塊滑行 10 公尺後停止，則



- (1) 摩擦力對木塊作功為\_\_\_\_\_焦耳。
- (2) 摩擦力的量值為\_\_\_\_\_牛頓。

範例 8

一質點在一直線上運動，如圖為此質點所受的外力與位置的關係，質點的起始位置為  $x = 0$ ，起始速度沿著  $+x$  方向，則此質點在何處的速率最大？ (A)甲 (B)乙 (C)丙 (D)丁 (E)戊。



範例 9

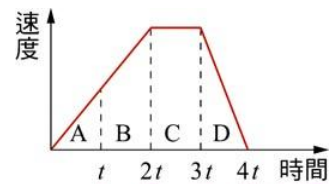
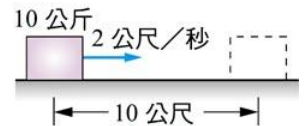
試判斷下列各情境中，何者為正功、負功或零功？

- (1) 行星繞太陽運轉，由近日點到遠日點，萬有引力對行星所作的功？
- (2) 行星繞太陽運轉，由遠日點到近日點，萬有引力對行星所作的功？
- (3) 行星繞太陽一週，萬有引力對行星所作的功？
- (4) 單擺運動，擺錘在上升期間，重力對擺錘所作的功？
- (5) 單擺運動，擺錘在下降期間，重力對擺錘所作的功？
- (6) 單擺運動，擺錘在一個週期中，重力對擺錘所作的功？
- (7) 水平彈簧作簡諧運動的過程中，對物體作的功？

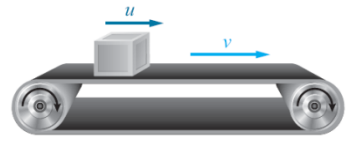
課後練習

單選題

- ( ) 1. 下列敘述，何者正確？  
 (A) 兩物質量相等，動能必相等 (B) 兩物速率相同，動能必相同 (C) 兩物質量相同，速率相同，動能必相同 (D) 動能相同的物體，速率必相同
- ( ) 2. 一物體做半徑為  $R$  的等速圓周運動，若其動能為  $E_k$ ，則其向心力為何？  
 (A)  $\frac{E_k}{R}$  (B)  $\frac{2E_k}{R}$  (C)  $\frac{3E_k}{R}$  (D)  $\frac{R}{E_k}$  (E)  $\frac{R}{2E_k}$
- ( ) 3. 兩物體之動能比為  $4:3$ ，質量比為  $1:4$ ，則其速率比為何？  
 (A)  $1:3$  (B)  $2:3$  (C)  $4:3$  (D)  $4:\sqrt{3}$  (E)  $2:\sqrt{3}$
- ( ) 4. 一質量  $2.0$  公斤的物體放在水平桌面上，物體與桌面間的動摩擦力為  $5$  牛頓。今以  $6.0$  牛頓的力沿水平方向推物體，使作加速度運動，若重力加速度為  $10.0$  公尺/秒<sup>2</sup>，當物體移動  $5.0$  公尺時，則此物體的動能增加多少焦耳？  
 (A) 30 (B) 15 (C) 10 (D) 5 (E) 2
- ( ) 5. 鉛直上拋一質量為  $1$  kg 之物體，初速為  $10$  m/s，當它掉回原處時，速率為  $8$  m/s，則空氣阻力作功多少 J？  
 (A) 18 (B) -18 (C) 32 (D) -32 (E) -20
- ( ) 6. 一顆  $10$  kg 之砲彈以  $80$  m/s 射入牆壁可深入  $0.8$  m，則牆壁對砲彈之平均阻力為多少 N？  
 (A)  $2 \times 10^2$  (B)  $3 \times 10^3$  (C)  $4 \times 10^4$  (D)  $8 \times 10^4$  (E)  $8 \times 10^3$
- ( ) 7. 質量  $10$  公斤的木塊，以初速  $2$  公尺/秒向右滑出，如右圖所示，已知該木塊滑行  $10$  公尺後停止，則摩擦力對木塊作功為多少焦耳？  
 (A) 0 (B) 10 (C) -10 (D) 20 (E) -20
- ( ) 8. 有兩質點，質量分別為  $m_1$  和  $m_2$ ，動能為  $K_1$  和  $K_2$ ，動量量值為  $p_1$  和  $p_2$ ，若動量量值相等  $p_1 = p_2$ ，且  $m_1 > m_2$ ，則下列關係中，何者正確？  
 (A)  $m_1 K_1 > m_2 K_2$  (B)  $m_1 K_1 = m_2 K_2$  (C)  $m_1 K_1 < m_2 K_2$  (D)  $m_1 K_2 = m_2 K_1$
- ( ) 9. 若已知一物體之速度與時間關係，如右圖所示，則哪一區域之作正功最大？  
 (A) A (B) B  
 (C) C (D) D
- ( ) 10. 一淨力對物體作功  $W$ ，可使物體從靜止加速到  $v$ ；則淨力對物體要作多少的功，才可使它自靜止加速到  $3v$ ？  
 (A)  $W$  (B)  $2W$  (C)  $3W$  (D)  $6W$  (E)  $9W$



- ( ) 11. 一水平輸送帶恆以等速度  $v$  沿  $+x$  軸方向移動，在時刻  $t=0$  時，將一質量為  $m$  的箱子以水平速度  $u=0$  置於輸送帶上，如右圖所示；設靜摩擦係數為  $\mu_s$ ，動摩擦係數為  $\mu_k$ ，當箱子由靜止放到與輸送帶一起前進的過程中，摩擦力對箱子所作的總功為何？



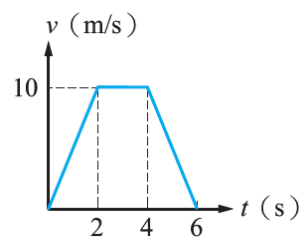
- (A)  $-0.5mv^2$  (B)  $0.5mv^2$  (C) 0 (D)  $-\mu_s mgv$  (E)  $-\mu_k mgv$
- ( ) 12. 質量為  $m$  的物體靜止在粗糙的水平面上，若物體受一水平力  $F$  作用而位移為  $S$  時，它的動能為  $K_1$ ；若靜止物體受一水平力  $2F$  作用而位移為  $S$  時，它的動能為  $K_2$ ，則下列關係何者正確？
- (A)  $K_2 = K_1$  (B)  $K_2 = 2K_1$  (C)  $K_2 > 2K_1$  (D)  $K_1 < K_2 < 2K_1$
- ( ) 13. 水平桌面上有一質量為  $m$  的木塊，以一速度  $v$  滑出，經距離  $L$  後便停止不動；在此過程中，若桌面的正向力作功為  $a$ ，摩擦力作功為  $b$ ，則下列關係何者正確？
- (A)  $a = \frac{1}{2}mv^2, b = 0$  (B)  $a = 0, b = -\frac{1}{2}mv^2$
- (C)  $a = \frac{1}{2}mv^2, b = -\frac{1}{2}mv^2$  (D)  $a = -\frac{1}{2}mv^2, b = \frac{1}{2}mv^2$
- (E)  $a = 0, b = 0$
- ( ) 14. 兩物體質質量比  $1:4$ ，動能比  $4:1$ ，則其速率比為何？
- (A)  $16:1$  (B)  $4:1$  (C)  $1:1$  (D)  $1:4$  (E)  $1:16$
- ( ) 15. A、B 兩物體的質量比為  $1:2$ ，動量比為  $1:2$ ，則兩物體的動能比為何？
- (A)  $1:2$  (B)  $1:4$  (C)  $1:1$  (D)  $4:1$  (E)  $2:1$
- ( ) 16. 一汽車的質量為  $1200$  公斤，速度由  $36$  公里/小時加速至  $90$  公里/小時，則此汽車增加的動能為多少焦耳？
- (A)  $1.35 \times 10^5$  (B)  $3.15 \times 10^5$  (C)  $3.75 \times 10^5$  (D)  $6.25 \times 10^5$
- ( ) 17. 以長度為  $l$  的繩子繫一質量為  $m$  的石塊，而以每秒  $f$  轉的轉速迴轉此石，則此石塊的動能為何？
- (A)  $\pi ml^2 f^2$  (B)  $2\pi ml^2 f^2$  (C)  $\frac{1}{2}\pi ml^2 f^2$  (D)  $2\pi ml^2 f^2$  (E)  $4\pi ml^2 f^2$
- ( ) 18. 一人造衛星繞地球作等速圓周運動，則下列敘述何者正確？
- (A) 衛星所受的合力為零，所以速率維持不變
- (B) 衛星受到來自地球的吸引力作用，而此力用於改變衛星的運動方向
- (C) 衛星的加速度為零
- (D) 衛星所受的向心力作正功，以維持衛星的動能不變
- ( ) 19. 質量為  $2$  公斤的物體，以初速  $4$  公尺/秒方向向東，在光滑的地面上運動，今受一定力作用，而使末速度為  $2$  公尺/秒方向向西，則此定力作功為多少焦耳？
- (A) 12 (B)  $-12$  (C) 36 (D)  $-36$  (E)  $-4$

- ( )20. 兩物體的質量比為 1 : 2，動能比為 1 : 4，所受阻力的量值比為 1 : 8，則靜止前兩物體所行走的距離比為何？

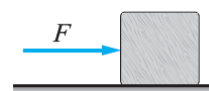
(A)1 : 2 (B)2 : 1 (C)1 : 4 (D)4 : 1 (E)1 : 1

- ( )21. 一物體的質量為 4 公斤，於水平面上作直線運動，其速度  $v$  和時間  $t$  的關係如右圖所示，則 0.4 秒內，合力對物體所作功為多少焦耳？

(A)0 (B)100 (C)200 (D)300 (E)400。



- ( )22. 如右圖所示，在光滑水平面上施一水平定力  $F$  於物體上，使物體由靜止到速率變為  $v$ ，做功為  $W$ ；若欲使其速率增為  $2v$ ，則需再作功多少？

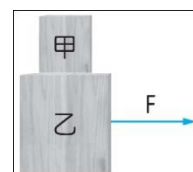


(A) $W$  (B) $2W$  (C) $3W$  (D) $4W$  (E) $6W$

- ( )23. 若繞某行星運行的衛星所具有的動能為  $K$ ，其軌道半徑為  $r$ ，則衛星所受的吸引力為何？

(A) $\frac{8K}{3r}$  (B) $\frac{K}{2r}$  (C) $\frac{1}{2}Kr$  (D) $\frac{2K}{r}$  (E) $\frac{K}{r}$

- ( )24. 甲和乙兩物體疊放在水平光滑桌面上，兩物之間的接觸面與桌面平行，如右圖所示。今施一水平力  $F$  於乙物，使甲和乙一起加速前進，下列關於甲的敘述何者正確？(A)甲受摩擦力向左，摩擦力對甲作正功 (B)甲受摩擦力向左，摩擦力對甲作負功 (C)甲受摩擦力向右，摩擦力對甲作正功 (D)摩擦力對甲不作功，使甲的動能變小 (E)摩擦力對甲作功，使甲的動能變小。



- ( )25. 質量為 20 克的彈珠，在光滑水平面上作半徑 4 公分的等速圓周運動，已知彈珠所受的向心力為 8 牛頓，則彈珠的動能為多少焦耳？(A) 0.16 (B) 0.32 (C) 0.64 (D) 1.6 (E) 6.4。

- ( )26. 質量 20 克的彈珠和質量 40 克的鋼珠，同時自 3 公尺高處自由落下，初速度為零，不計空氣阻力，下列敘述何者正確？(A)彈珠和鋼珠所受的力一樣大 (B)彈珠和鋼珠被作的功一樣大 (C)彈珠和鋼珠的著地動能相同 (D)彈珠和鋼珠的著地速度相同 (E)彈珠和鋼珠的著地動量相同。

- ( )27. 甲球質量  $m_{甲}$ 、速度  $v_{甲}$ 、動能  $K_{甲}$ ，乙球質量  $m_{乙}$ 、速度  $v_{乙}$ 、動能  $K_{乙}$ ，則下列敘述何者錯誤？(A)若  $m_{甲}=m_{乙}$ ， $v_{甲}=-v_{乙}$ ，則  $K_{甲}=K_{乙}$  (B)若  $m_{甲}=2m_{乙}$ ， $v_{甲}=v_{乙}$ ，則

$K_{甲}=2K_{乙}$  (C)若  $m_{甲}=m_{乙}$ ， $v_{甲}=2v_{乙}$ ，則  $K_{甲}=4K_{乙}$  (D)若  $m_{甲}=m_{乙}$ ， $v_{甲}=\frac{1}{2}v_{乙}$ ，

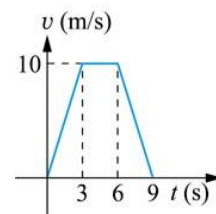
則  $K_{甲}=\frac{1}{2}K_{乙}$  (E)若  $m_{甲}=\frac{1}{2}m_{乙}$ ， $v_{甲}=2v_{乙}$ ，則  $K_{甲}=2K_{乙}$ 。



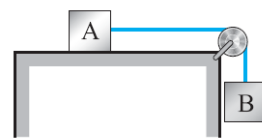
- ( ) 28. 質量 2 公斤的物體由高處以 3 公尺 / 秒的初速落下，重力加速度為 10 公尺 / 秒<sup>2</sup>，不計空氣阻力，該物體每下落 1 公尺，其動能增加多少焦耳？(A) 6 (B) 10 (C) 20 (D) 30 (E) 60。
- ( ) 29. 質量  $10^4$  公斤的飛機，從水平跑道的一端，自靜止以  $4 \times 10^4$  牛頓的固定推進力開始作等加速運動，前進 25 公尺後，飛機的瞬時速率達 10 公尺 / 秒。在此一加速過程，飛機所受的平均阻力為多少牛頓？(A)  $4 \times 10^5$  (B)  $2 \times 10^5$  (C)  $4 \times 10^4$  (D)  $2 \times 10^4$  (E)  $4 \times 10^3$ 。
- ( ) 30. 質量 0.2 公斤的子彈、初速度 300 公尺 / 秒，射穿 50 公分厚的固定木板，子彈速度減為 200 公尺 / 秒，則木板給予子彈的平均阻力為多少牛頓？(A)  $5.0 \times 10^4$  (B)  $4.0 \times 10^4$  (C)  $3.0 \times 10^4$  (D)  $2.0 \times 10^4$  (E)  $1.0 \times 10^4$ 。
- ( ) 31. 有一物體若其動量加倍，則其動能應變為(A) 1 (B) 2 (C) 4 (D) 8 (E) 16 倍。
- ( ) 32. 有關動量與動能之敘述，下列何者錯誤？(A)一物體的動能改變時，其動量也必改變 (B)一物體的動量改變時，其動能也必改變 (C)一系統的總動量為零時，總動能不一定為零 (D)一系統的總動能為零時，總動量必為零 (E)合力對一質點所作的功等於質點動能的變化量。
- ( ) 33. 假設地球半徑為 R，一質量為 m 的衛星在距離地面為 R 處的高空中，繞地球作圓周運動。已知地表的 gravity 加速度為 g，則衛星的動能為(A) mgR (B)  $\frac{1}{2}$  mgR (C)  $\frac{1}{3}$  mgR (D)  $\frac{1}{4}$  mgR (E) 2mgR
- ( ) 34. 一質量為 2 kg 的物體以 10 m / s 的速率在一光滑水平面上運動，今對物體施予 4 N 的阻力（與運動方向相反），使物體的速率減少為 6 m / s，則在力作用的期間，物體移動的距離為(A) 24 (B) 20 (C) 16 (D) 12 (E) 8 m。

多選題

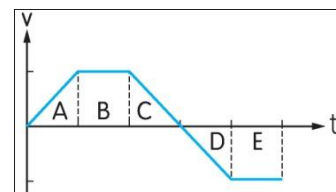
- ( ) 35. 一個物體在水平地面上運動一段路程後，動能增加 20 焦耳。已知物體受了重力、推力、地面的正向力及摩擦力作用，則下列關於此四力對該物體作功的敘述，何者正確？（應選 3 項）(A)重力作功為零 (B)推力作功為 20 焦耳 (C)四力作功的和為 20 焦耳 (D)地面的正向力及摩擦力對物體作功的和為負值 (E)摩擦力作功為 20 焦耳
- ( ) 36. 一質量為 100 公斤的物體靜止置於光滑水平面上，施以仰角 37°、200 牛頓的拉力，使物體水平移動 10 公尺，若重力加速度  $g = 10$  公尺 / 秒<sup>2</sup>，則下列敘述，何者正確？（應選 2 項）(A)施力對物體作功為 2000 焦耳 (B)正向力對物體作功為零 (C)物體之加速度量值為 10 公尺 / 秒<sup>2</sup> (D)合力對物體作功為零 (E)物體末動能為 1600 焦耳
- ( ) 37. 一物體質量 5 kg 於水平面上作直線運動，其速度  $v$  和時間  $t$  的關係如右圖所示，則下列敘述，何者正確？（應選 3 項）(A) 0~3 秒間，合力對物體作功為 250 J (B) 3~6 秒間，合力對物體作功為零 (C) 6~9 秒間，合力對物體作功為 250 J (D) 全程 9 秒內，物體一直不受外力作用 (E) 全程 9 秒內，合力對物體所作功為零



- ( ) 38. 一行星繞太陽作橢圓形軌道運動，則下列敘述，哪些是正確的？（應選 3 項）  
 (A)行星在遠日點時動能最小 (B)行星在近日點時動能最小 (C)行星由近日點運動至遠日點，太陽對行星作正功 (D)行星由近日點運動至遠日點，太陽對行星作負功 (E)行星繞太陽一周時，太陽對行星作功為零
- ( ) 39. 在光滑水平面上，一物體質量为 10 kg，物體原來的動能為 20 J，由於受水平推力之作用其速率增加了 2 m/s，則（應選 2 項）  
 (A)物體的初速為 2 m/s (B)物體的初速為 4 m/s (C)推力對此物體所作的功為 20 J (D)推力對此物體所作的功為 40 J (E)推力對此物體所作的功為 60 J
- ( ) 40. 下列敘述哪些正確？（應選兩項）  
 (A)具有相同動能的兩物體，質量較大的，動量也較大  
 (B)物體的動量量值增加時，動能必隨之增加  
 (C)如果一物體的動量改變了，則其動能亦必同時隨之改變  
 (D)動量相等的兩物體，它們的動能也必定相等  
 (E)一物體具有動量，但可能不具有動能
- ( ) 41. 一物體的質量為 5 公斤，動能為 40 焦耳，受外力作用 5 秒後，速率增加了 2 公尺／秒，則下列敘述哪些正確？  
 (A)物體的初速率為 4 公尺／秒  
 (B)物體的初動量為 20 公斤·公尺／秒  
 (C)5 秒後物體的動量為 30 公斤·公尺／秒  
 (D)5 秒後物體的動能為 90 焦耳  
 (E)5 秒內外力對此物體作功為 50 焦耳
- ( ) 42. 以細線連接質量皆為 2 公斤的 A、B 兩物體，如右圖所示，設重力加速度  $g=10$  公尺／秒<sup>2</sup>，若 B 物體以等速下降 50 公分，則在此過程中，下列相關的敘述哪些正確？（應選四項）  
 (A)細線的張力對 A 物體作功為 10 焦耳  
 (B)細線的張力對 B 物體作功為 10 焦耳  
 (C)重力對 B 物體作功為 10 焦耳  
 (D)摩擦力對 A 物體作功為 -10 焦耳  
 (E)整個系統所受外力作功的總和為零
- ( ) 43. 質量為  $m$  的物體，以初速  $v$  沿一斜面上滑一段距離  $d$  後，又沿斜面滑下來，經  $v$  過原出發點時速率減為  $2$ ，則下列敘述哪些正確？（應選四項）  
 (A)當物體上滑時，重力作負功  
 (B)當物體下滑時，摩擦力作負功  
 (C)當物體上滑時，摩擦力作負功  
 (D)當物體又回到原出發點時，位移為零，故物體所受外力的合力不作功  
 (E)斜面對物體施予的摩擦力量值為  $\frac{3mv^2}{16d}$



- ( ) 44. 下列敘述正確者為哪些？（應選四項）  
 (A)物體鉛直上拋時，重力對物體作負功  
 (B)行星由遠日點到近日點時，萬有引力作正功  
 (C)物體鉛直上拋時，空氣阻力作負功  
 (D)將物體置於鉛直懸吊的彈簧下端，在彈簧保持自然長度時釋放物體，則當物體達到最低點時，全程物體所受的合力作功為零  
 (E)一物體的動能如果不變，則一定是不受外力
- ( ) 45. 用繩把質量為  $M$  的物體垂直放下，初速為零，以  $\frac{g}{4}$  的向下加速度下降距離  $l$ ，則下列敘述哪些正確？（應選三項）(A)合力作功  $\frac{Mgl}{4}$  (B)動能增加  $Mgl$  (C)重力作功  $Mgl$   
 (D)拉力作功  $\frac{-3Mgl}{4}$  (E)物體末速為  $gl$ 。
- ( ) 46. 一物體作等速圓周運動，則下列何項在運動過程中會改變？（應選三項）(A)週期 (B)動能 (C)速度 (D)動量 (E)向心力
- ( ) 47. 若已知一物體受外力後的速度與時間的關係如右圖所示，則下列各區域中，外力作正功者為（應選兩項）(A) A (B) B (C) C (D) D (E) E。



答案 1.C 2.B 3.D 4.D 5.B 6.C 7.E 8.B 9.B 10.E 11.B 12.C 13.B 14.B 15.A  
 16.B 17.D 18.B 19.B 20.B 21.C 22.C 23.D 24.C 25.A 26.D 27.D 28.C 29.D  
 30.E 31.C 32.B 33.D 34.C 35.ACD 36.BE 37.ABE 38.ADE 39.AE 40.AB 41.ABCDE  
 42.ACDE 43.ABCE 44.ABCD 45.ACD 46.CDE 47.AD

## 參、位能

## 一、重力位能

1. 質量為  $m$  的物體，定地面為位能零位面時，在離地面高度為  $h$  的位置上，所具有的重力位能為\_\_\_\_\_。單位：焦耳 (J) ( $(\text{kg} \cdot \text{m} / \text{s}^2) \cdot \text{m} = \text{N} \cdot \text{m} = \text{J}$ )

2. 重力做功與位能變化的關係

3. 討論：

- (1) 零位面：重力位能為零的位置，稱為零位面 ( $h=0$ )，零位面的位置可任意選定，通常的選定方式有三：  
甲、地面（如：地表附近的運動）。  
乙、無窮遠處（如：天體運動）。  
丙、運動過程中的最低點（如：單擺運動）。
- (2)  $U=mgh$  代表在離地高度為  $h$  的位置上與地面（零位面）間的\_\_\_\_\_。
- (3) 某位置的重力位能並非定值。
- (4) 物體在某位置的重力位能大小並非定值，其量值會隨著零位面的選擇不同而不同。但某物體在任兩位置間的\_\_\_\_\_與零位面的選擇不同\_\_\_\_\_。
- (5) 重力位能是由物體和地球所共有。

## 範例 1

甲乙丙三位同學對於物體落下到地面時具有動能的原因，看法如下：

甲生說：物體落下到地面時，動能是由重力位能轉變來的。

乙生說：物體落下到地面時，動能來自於落下的過程中重力對物體所作的功。

丙生說：物體落下到地面時，動能來自於兩方面，一是由重力位能轉變來的，另一是重力作功使動能增加，所以是這兩項的和。

你覺得誰是正確的呢？

(A)只有甲 (B)只有乙 (C)只有丙 (D)甲乙 (E)甲乙丙都不正確

## 範例 2

質量為  $m$  的小球位於地表上方高度  $h$  處 ( $h \ll R$ )，若地球半徑為  $R$ 、地表處重力加速度為  $g$ ，則下列敘述何者正確？（多選） (A)小球的重力位能為  $mgh$  (B)小球的重力位能為  $mg(R+h)$  (C)重力位能是相對值，故須指定零位面後，才能計算重力位能的值 (D)小球的重力位能事實上是小球和地球所共同擁有 (E)當小球再升高  $h$  時，重力位能可增加  $mgh$ 。

## 範例 3

在地表附近，對質量固定的物體而言，下列何者正確？（多選） (A)重力位能與高度無關 (B)物體高度增加，則重力位能亦增加 (C)重力位能和高度成正比 (D)重力位能和高度成反比 (E)重力位能的增加量與高度的增加量成正比。

範例 4

令地面為重力位能等於 0 的參考面，體重 50 牛頓的多啦 A 夢，由高度 40 公尺的樓頂準備以降落傘降落地面，當多啦 A 夢降落至離地 10 公尺處，其重力位能比樓頂處減少多少焦耳？(A) 2000 (B) 1500 (C) 1000 (D) 500 (E) 200。

類題 4

若地面為重力位能為 0 的參考面，小晴在操場上練習扯鈴，若扯鈴由離地 0.5 公尺被向上拋出，且最高點離地 3.0 公尺，則扯鈴最高點重力位能是起拋點的少倍？

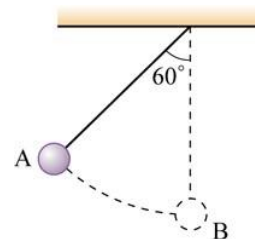
- (A) 36 (B) 6 (C) 5 (D)  $\frac{1}{5}$  (E)  $\frac{1}{6}$ 。

B

範例 5

一擺錘質量 0.5 kg、擺長 60 cm 之單繩，懸掛在天花板下方，如右圖所示。今由擺角  $60^\circ$  之 A 點靜止釋放，擺至最低點 B 時，設重力加速度為  $10 \text{ m/s}^2$ ，則擺錘在 B 點與 A 點之重力位能差  $U_B - U_A$  之值為若干 J？

- (A) 30 (B) -30 (C) 1.5 (D) -1.5 (E) 0

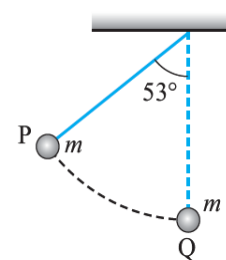


類題 5

擺長為  $l$  的單擺，其擺錘的質量為  $m$ ，由擺角為  $53^\circ$  的 P 點以靜止開始釋放，如右圖所示；當擺錘運動到最低點 Q 時，若以無窮遠處為零位點，試求擺錘從 P 點擺至 Q 點時，擺錘重力位能的變化量為何？(A) 0 (B)  $mg l$  (C)  $-\frac{3}{5} mg l$  (D)

- $\frac{2}{5} mg l$  (E)  $-\frac{2}{5} mg l$

E



## 範例 6

有一塔的高度為 20 公尺，一石頭的質量為 2 公斤，由塔的頂端自由落下，如右圖所示，設空氣阻力可忽略不計，重力加速度為 10 公尺／秒<sup>2</sup>，試求：

- (1) 石頭在塔頂時相對於地面的位能為多少焦耳？
- (2) 石頭由塔頂落到地面的過程中，重力作功為多少焦耳？
- (3) 承(2)，石頭掉落至地面時的速度為多少公尺／秒？
- (4) 將石頭搬回塔頂再度使其自由落下時，窗口伸出一雙手接住了石頭，測得此時速度為 10 公尺／秒，則塔頂相對於窗口的位能為多少焦耳？



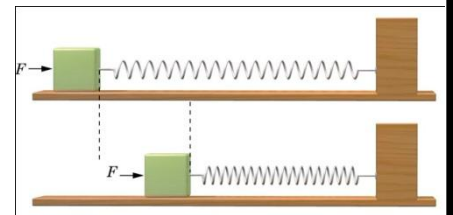
## 二、彈力位能

1. 此種位能與物體的形變有關
2. 生活中與彈力位能相關的例子

- (1) 弓儲存的位能：如右圖(一)，人在射箭時，拉開弓弦，弓弦的張力向右，位移向左因而作負功，使得弓弦的彈性能增加。在弦鬆開時，弓弦則做正功使位能減少。



- (2) 彈簧的位能：如右圖(二)，一物體靜止於沒有形變的彈簧左邊，人對物體施力  $F$  而作功，造成彈簧壓縮，如右圖(三)，人所作的功轉變為彈簧的位能儲存起來，這也是一種彈性能。⇒ 若將圖(三)中的作用力  $F$  撤去，則彈簧會將物體向左推開，把儲存的位能轉變為物體的動能。
- (3) 彈力作功與彈力位能

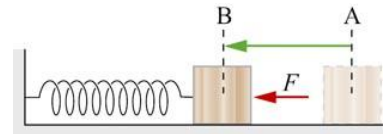




## 範例 7

一彈簧置於光滑水平面上，一端固定，另一端連結一木塊，如右圖所示。今施力向左推動木塊，使木塊由 A 點移動至 B 點，則在此過程中，下列敘述何者正確？（應選 2 項）

- (A)彈力對木塊作正功 (B)彈力對木塊作負功 (C)彈性位能愈來愈大 (D)彈性位能愈來愈小 (E)彈性位能整個過程都相同



## 類題 7

如右圖，施一力拉動弓箭，使弓弦成拉長張緊狀態，則在此過程中，下列敘述何者正確？（應選 2 項）

- (A)拉力對弓箭作正功 (B)拉力對弓箭作負功 (C)弓弦對弓箭作正功，使彈性位能增加 (D)弓弦對弓箭作正功，使彈性位能減少 (E)弓弦對弓箭作負功，使彈性位能增加

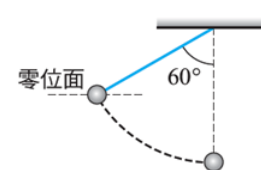
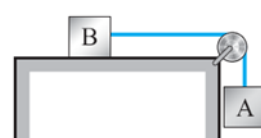


AE

課後練習

單選題

- ( ) 1. 在地表上舉高一物體時，有關於所產生重力位能的敘述，何者正確？  
 (A)為物體所有 (B)為物體與地球所共有 (C)為舉高物體的人所有 (D)為物體和人所共有。
- ( ) 2. 一物體受外界施力而以等速度向上升高，則下列關於此物體運動的敘述，何者正確？  
 (A)物體動能漸增，而位能漸減 (B)物體位能漸增，而動能漸減  
 (C)物體位能漸增，而動能不變 (D)物體動能、位能皆漸增  
 (C)物體位能漸增，而動能不變 (D)物體動能、位能皆漸增
- ( ) 3. 右圖為一輪軸系統，其半徑比為 2 : 1，且不計一切摩擦阻力，若在輪上施一定力，緩慢等速向下拉一段距離，而使質量為 10 公斤的物體上升 2 公尺，則此期間施力作功為多少焦耳？（設重力加速度  $g=10$  公尺/秒<sup>2</sup>）  
 (A)196 (B)98 (C)392 (D)0 (E)49
- ( ) 4. 質量為 2 公斤與 1 公斤的 A、B 兩物體，以一輕繩相連接，並跨過一定滑輪，如右圖所示，設重力加速度  $g = 10$  公尺/秒<sup>2</sup>，則當 A 物體下降 1.2 公尺時，系統的重力位能變化量為多少焦耳？  
 (A)−2.4 (B)−3.6 (C)−24 (D)−36
- ( ) 5. 單擺擺錘的質量為 0.5 公斤，以質量可忽略的繩子繫之，繩子的長度為 40 公分；今將擺錘由底端拉到繩子與鉛直線夾零位面角為 60° 處，如右圖所示，並從靜止狀態放手，若選取釋放點為重力位能的零位面，且重力加速度  $g=10$  公尺/秒<sup>2</sup>，則擺錘在最低點時的重力位能為多少焦耳？  
 (A)−1 (B)−2 (C)−10 (D)−20。
- ( ) 6. 若小玉欲從百貨公司的一樓到二樓，可以選擇搭電扶梯或者搭電梯，求下列何種方式可使小玉獲得較多的重力位能？(A)搭電扶梯 (B)搭電梯 (C)兩者一樣多 (D)要視移動速度而定 (E)要視移動時間而定。
- ( ) 7. 質量 0.15 公斤的籃球由地面向上拋出，達最高點離地 8.0 公尺，然後向下落回地面，已知重力加速度約為 10 公尺/秒<sup>2</sup>，由起拋至最高點，籃球的重力位能如何變化？(A)釋出 12 焦耳 (B)釋出 8.4 焦耳 (C)釋出 4.2 焦耳 (D)獲得 8.4 焦耳 (E)獲得 12 焦耳。
- ( ) 8. 有一擺長為 2 公尺的單擺，擺錘質量為 10 公斤，今由靜止狀態將擺錘拉至擺角 60° 的位置上，則外力對擺錘做功若干焦耳？( $g=10$  公尺/秒<sup>2</sup>) (A) 300 (B) 250 (C) 160 (D) 100 (E) 80。
- ( ) 9. 某人以 59 N 之力舉起質量 5 kg 之物體，使之離地加速上升， $g=9.8$  m/s<sup>2</sup>，經 0.5 秒後，物體之重力位能變化量為多少 J？  
 (A) 14.75 (B) 12.25 (C) 2.50 (D) 13.50 (E) 16.75



- ( ) 10. 水力發電的發電中，能量的轉換過程為下列何者？  
 (A)重力位能→動能→電能 (B)動能→重力位能→電能 (C)動能→電能→重力位能 (D)電能→重力位能→動能 (E)重力位能→電能→動能

多選題

- ( ) 11. 今有大、小兩球，質量分別為 2 公斤和 1 公斤，自地面上以相同的初速上拋，設地面的重力位能為零，則下列敘述哪些正確？（應選三項）  
 (A)大球的初動能是小球的兩倍 (B)大球的初位能是小球的兩倍  
 (C)大球上升的高度是小球的兩倍 (D)大球所受的重力與小球相同  
 (E)大球運動的加速度與小球相同。
- ( ) 12. 質量為 2 公斤的木塊，由斜面底部以初速度 10 公尺／秒向上滑，而木塊可上升的最大高度為 3 公尺，已知斜面的傾斜角為  $30^\circ$ ，設重力加速度  $g = 10$  公尺／秒<sup>2</sup>，試問木塊自斜面底部到最大高度的過程中，下列敘述哪些正確？（應選三項）  
 (A)木塊所受的重力作功 60 焦耳 (B)木塊的重力位能增加 60 焦耳  
 (C)斜面對木塊的正向力作功為零 (D)摩擦力做功為 -40 焦耳  
 (E)木塊所受的合力做功為 -40 焦耳。
- ( ) 13. 將一質量  $m$  的物體自某地面舉起至高  $h$  的桌面上，我們常說：「物體的重力位能是  $mgh$ 」，下列哪些敘述是這句話的補充說明？（設重力加速度為  $g$ ）（應選 3 項）  
 (A)重力位能不是物體單獨具有，是物體與地球共同擁有 (B)重力位能不是物體單獨具有，是物體與人共同擁有 (C)物體在桌面的重力位能比在海平面之重力位能多出  $mgh$  (D)物體在桌面的重力位能比地面之重力位能多出  $mgh$  (E)物體在桌面上之重力位能是因重力對物體做功  $-mgh$
- ( ) 14. 運動員以 10 N 的力鉛直向上踢一靜止的皮球，球的質量為 500 g，球上升的最大高度為 4 m，已知重力加速度  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ，且不計空氣阻力，則：（應選 2 項）  
 (A)皮球由地面上升至最高點時，皮球之重力位能增加 20 J (B)皮球由地面上升至最高點時，皮球之重力位能增加 40 J (C)皮球由地面上升至最高點時，皮球之重力位能增加 60 J (D)運動員對球所作的功為 20 J (E)運動員對球所作的功為 40 J

答案 1.B 2.C 3.A 4.C 5.A 6.C 7.E 8.D 9.B 10.A 11.ABE 12.BCD 13.ADE 14.AD
--

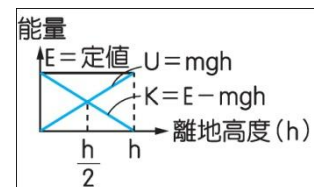
## 肆、能量守恆

## 一、力學能守恆

1. 動能與位能是需要藉由作功來傳達的能量，故動能與位能的總和稱為\_\_\_\_\_，以符號  $E$  表示，則  $E=K+U$ 。
2. 內容：當一系統中僅有\_\_\_\_\_作功，而沒有其他外力\_\_\_\_\_的情形下，系統中的動能與重力位能的和為一定值，稱為力學能守恆。
3. 若系統受到摩擦力或空氣阻力等作用時，便會將能量轉換為\_\_\_\_\_的形式散失到系統之外，則此時系統的力學能就會減少而不會守恆。
4. 數學式：

5. 討論：

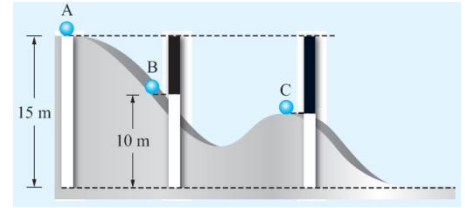
6. 函數圖：僅受重力作用、由高度  $h$  處落下的自由落體



7. 運動體若受到重力以外的力作用時（例如：摩擦力、空氣阻力、……等），則力學能守恆律將\_\_\_\_\_。

## 範例 1

如右圖所示，在光滑的曲面上，一物體由靜止自距離地面15公尺高的曲面A點下滑至距離地面10公尺高的B點，設重力加速度為10公尺/秒<sup>2</sup>，則



(1)求物體到達 B 點時的速率為多少公尺/秒？

(2)若物體到達 C 點時的速度恰好為 12 公尺/秒，則 C 點的高度應比 A 點低多少公尺？

## 類題 1

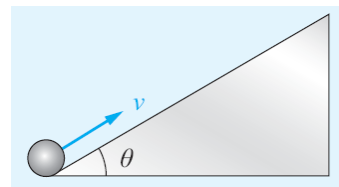
把小球鉛直向上拋擲，假設空氣對小球的阻力可以忽略不計，而小球被拋出的初速為 10 公尺/秒，則小球落回至原出發點的速度量值為多少公尺/秒？

(A)10 (B)20 (C)30 (D)40

## 範例 2

一質量為  $m$  的小球以初速  $v$  沿一斜角為  $\theta$  的光滑斜面上滑，如右圖所示，則

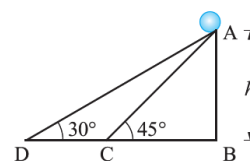
- (1) 若小球沿斜面所能滑行的最大距離為  $L$ ，試計算  $L$  為何？
- (2) 當小球的速度變為初速的一半時，所在的鉛直高度為多高？



## 類題 2

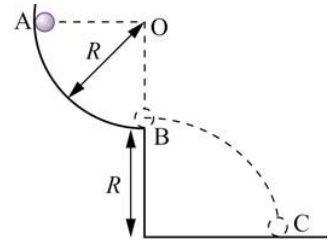
如右圖所示，質量為  $m$  的物體分別由光滑的斜面  $AB$ 、 $AC$  及  $AD$  下滑，若已知  $AB$  的高度為  $h$

- (1) 重力作功的比為何？
- (2) 末動能的比為何？
- (3) 末速率的比為何？



## 範例 3

如右圖所示，一質量為  $m$  之質點由  $\frac{1}{4}$  圓弧（圓弧半徑為  $R$ ）之 A 點靜止沿圓弧下滑至 B 點（距地面垂直高度為  $R$ ）後，沿水平方向飛出，並落於水平地面之 C 點。則質點在 C 點之瞬時速率  $v_C$  與在 B 點之瞬時速率  $v_B$  之比值  $\frac{v_C}{v_B}$  為何？

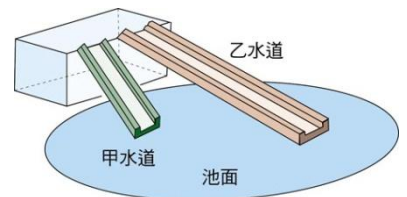


- (A) 4 (B) 2 (C)  $\sqrt{2}$  (D) 1 (E)  $\frac{1}{2}$

## 類題 3

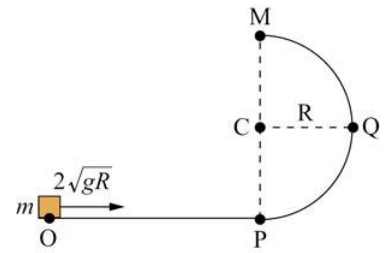
水上遊樂區的水池上面，架設有高度相等的甲和乙兩個斜面滑梯水道。有一小孩先後自甲、乙水道的頂端下滑入池，所花的時間分別為  $t_a$  和  $t_b$ ，剛入池時的速率分別為  $v_a$  和  $v_b$ 。若摩擦力可忽略，下列敘述何者正確？（應選 2 項） 【91學測補考】

- (A)  $t_a > t_b$  (B)  $t_a = t_b$  (C)  $t_a < t_b$  (D)  $v_a > v_b$   
 (E)  $v_a = v_b$  (F)  $v_a < v_b$



## 範例 4

如右圖，小明在 O 點使質量為  $m$  的物體，以速率  $2\sqrt{gR}$  沿 OP 方向前進， $g$  為重力加速度，則物體可沿著 OPQM 的光滑軌道恰好到達 M 點；OP 是水平直線軌道，PQM 是半徑為  $R$  的鉛直半圓形軌道。物體在鉛直半圓形軌道運動時，若某點的速率為  $v$ ，則物體一定受到量值為  $\frac{mv^2}{R}$  的向心力（指向圓心 C 的力）。試問下列敘述



哪些正確？（應選 2 項）

- (A) 物體在 P、Q、M 各點的速率都相等
- (B) 物體在 P、Q、M 各點的速率漸增
- (C) 物體在 P、Q、M 各點的速率漸減
- (D) 若 CQ 平行於 OP，則物體在 Q 點的向心力的量值為  $4mg$
- (E) 若 CQ 平行於 OP，則物體在 Q 點的向心力的量值為  $2mg$



## 範例 5

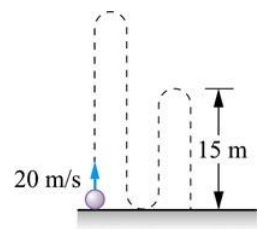
在水平地面上有一球落地反彈又落地，週而復始。前後兩次反彈又落地的過程之最大高度比為 1 : 0.64。假設空氣阻力可以忽略，則下列有關前後兩次反彈又落地過程的敘述，哪幾項正確？（應選 2 項）

(A)最大動能的比例為 1 : 0.64 (B)「最大位能－最小位能」的比例為 1 : 0.64 (C)最大力學能的比例為 1 : 0.8 (D)最大速度量值的比例為 1 : 0.64

## 類題 5

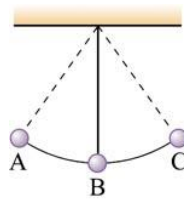
如右圖，由地面上以 20 m/s 的速度，鉛直上拋一質量 100 g 的球，球落下後碰撞地面後向上反彈 15 m 高才再落下， $g = 10 \text{ m/s}^2$ ，不計空氣阻力，則球第一次碰撞地面損失的力學能為多少 J？

(A)25 (B)20 (C)15 (D)10 (E)5

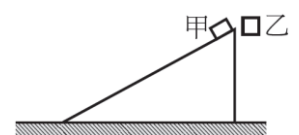
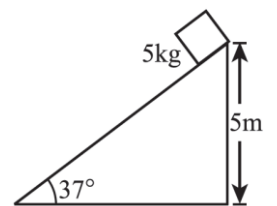
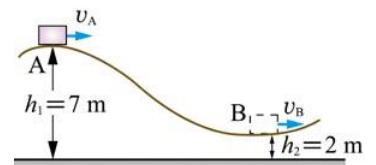
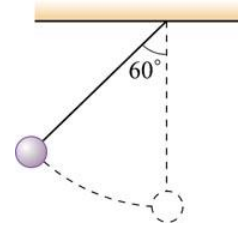


## 課後練習

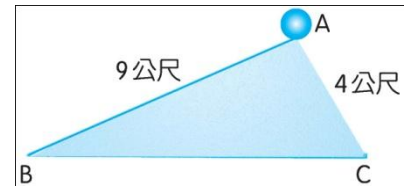
## 單選題

- ( ) 1. 下列各項何者可說明動能和位能間的力學能守恆？  
 (A)傘兵等速下降 (B)電梯加速上升 (C)飛機向上等速爬升 (D)不計空氣阻力，石子自由落下 (E)沿斜面等速行駛的火車
- ( ) 2. 如右圖所示，單擺由靜止自由釋放後，在 A、B 與 C 之間來回自由擺動，若不計空氣阻力與任何摩擦，下列敘述何者正確？  
 (A) A 到 B 的過程中，重力作正功；B 到 C 的過程中，重力作負功 (B) A 到 B 的過程中，繩子張力作正功；B 到 C 的過程中，繩子張力作負功 (C) 在 A、C 兩點，單擺最高，力學能最大 (D)由 A 到 B 的過程中，力學能漸減
- 
- ( ) 3. A、B、C 三球在同一高度，三球質量相同，以相同的初速，A 鉛直上拋、B 水平拋體、C 鉛直下拋，三球著地的速度大小分別為  $v_A$ 、 $v_B$ 、 $v_C$ ，下列何者正確？  
 (A)  $v_A$  最大 (B)  $v_B$  最大 (C)  $v_C$  最大 (D)  $v_A = v_B = v_C$
- ( ) 4. 遊樂場中的摩天輪緩緩的作等速圓周運動，某人坐在輪箱內，由最低點旋轉上升到最高點，在此過程中，則此人的力學能變化情形為：  
 (A)力學能不變 (B)力學能增加 (C)力學能減少 (D)力學能減少後增加 (E)力學能先增加後減少
- ( ) 5. 質量為  $m$  的物體以速度  $v$  從地面鉛直上拋，取地面為重力位能零位面，當它拋到離地面  $h$  高處，它的動能和位能正好相等，這個高度為：  
 (A)  $\frac{v^2}{g}$  (B)  $\frac{v^2}{2g}$  (C)  $\frac{v^2}{4g}$  (D)  $\frac{2v^2}{g}$  (E)  $\frac{4v^2}{g}$
- ( ) 6. 不考慮空氣阻力，且地面的重力位能為 0，質量 2 公斤物體自距地面 60 公尺高處自由落下，當物體重力位能為動能 3 倍時，物體距地面高度為多少公尺？  
 (A) 15 (B) 20 (C) 30 (D) 40 (E) 45
- ( ) 7. 如果不計空氣阻力，以地表為位能零點。一個石子最高可拋到  $h$  公尺之高度，則當石子被拋至  $\frac{h}{2}$  公尺高度時，物體的位能與動能的比為何？  
 (A) 2 : 1 (B) 1 : 2 (C) 3 : 1 (D) 1 : 3 (E) 1 : 1
- ( ) 8. 小明由樓梯扶手上滑下來，到達最低點的瞬間，他原有的重力位能變成：  
 (A)彈性位能 (B)動能 (C)熱能 (D)動能和熱能
- ( ) 9. 有一小石子在離地面高 100 m 處自由落下，取地面上方 50 m 處為重力位能零位面，則在離地面多高的位置上，小球的動能與重力位能相等？  
 (A) 100 m (B) 80 m (C) 75 m (D) 50 m (E) 25 m
- ( ) 10. 水壩的水由高處經大鋼管下沖推動渦輪機發電的過程中，下列哪一敘述錯誤？  
 (A)重力位能可轉換成電能 (B)損失的重力位能完全轉換成電能 (C)部分的能量會化成熱能散失而無法利用 (D)仍然遵守「能量守恆」定律

- ( ) 11. 質量為  $m$  之物體，自距地面  $h$  處自由落下，設重力加速度為  $g$ ，並以地面為位能的零位面，如不計空氣阻力，則在其下降  $\frac{h}{4}$  高度時，物體所具有之總能量為：
- (A)  $\frac{mgh}{2}$  (B)  $mgh$  (C)  $2mgh$  (D)  $\frac{mgh}{4}$  (E)  $\frac{3mgh}{4}$
- ( ) 12. 質量為  $50 \text{ kg}$  的物體以  $10 \text{ m/s}$  的速度向上鉛直射出，當物體達最大高度的一半時，其動能為多少 J? ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )
- (A) 1250 (B) 2500 (C) 6250 (D) 5000 (E) 625
- ( ) 13. 一傘兵跳傘，以等速度降落，在此過程中傘兵動能和重力位能作何變化？
- (A) 動能漸增，重力位能漸減 (B) 動能不變，重力位能減少 (C) 動能及重力位能之總和不變 (D) 動能漸少，重力位能漸減
- ( ) 14. 單擺的擺錘質量為  $3 \text{ kg}$ ，質量可忽略的繩子長度為  $40 \text{ cm}$ 。今將擺錘由底端拉到繩與鉛直線成  $60^\circ$  後，從靜止狀態放手。求擺錘在最低點時的速率為多少  $\text{m/s}$ ? ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )
- (A) 2 (B) 4 (C) 1 (D) 2.8 (E) 1.4
- ( ) 15. 如右圖所示，一物自 A 點沿光滑曲面滑至 B 點，若在 A 點的初速為  $2 \text{ m/s}$ ，則在 B 點的速率約為多少  $\text{m/s}$ ? (設重力加速度  $g = 10 \text{ m/s}^2$ )
- (A) 6 (B) 8 (C) 10 (D) 14 (E) 16
- ( ) 16. 一質量  $500 \text{ g}$  的籃球，在空氣中自  $20 \text{ m}$  高度處靜止釋放，落地瞬間速度為  $10 \text{ m/s}$ ，設重力加速度  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ，則下落過程中空氣阻力對籃球所作功為多少 J?
- (A)  $-50$  (B)  $-75$  (C)  $-100$  (D)  $-125$  (E) 0
- ( ) 17. 質量  $5 \text{ 公斤}$  的木塊，自高  $5 \text{ 公尺}$  且固定於地面之光滑斜面的頂端，靜止下滑至底端，如圖所示。試問在此時間內，下列敘述何者**錯誤**? (A) 重力位能減少  $245 \text{ 焦耳}$  (B) 重力對物體作功  $245 \text{ 焦耳}$  (C) 物體所獲得的動能為  $245 \text{ 焦耳}$  (D) 斜面對物體作功  $0 \text{ 焦耳}$  (E) 合力對物體作功  $0 \text{ 焦耳}$ 。
- ( ) 18. 如圖所示，質量相同的兩個物體處於同一高度，物體甲從固定的光滑斜面由靜止開始滑下，物體乙由靜止自由落下 (不計空氣阻力)，下列敘述何者**錯誤**? (A) 兩物體從出發到著地的過程中，重力對兩物體作功相同 (B) 兩物體從出發到剛接觸地面，物體所損失的位能相同 (C) 兩物體剛接觸地面時的動能相同 (D) 兩物體剛接觸地面時的速率相同 (E) 兩物體從出發到剛接觸地面所花的時間，以乙物體較長。

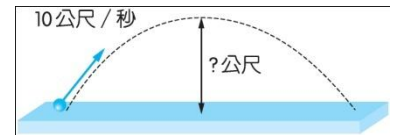


- ( ) 19. 小球從同一高度沿著不同斜度的 AB 和 AC 兩光滑斜面由靜止下滑到底，下列敘述何者正確？(A)沿 AB 斜面，重力做功較多 (B)沿 AB 斜面，動能變化較多 (C)沿 AC 斜面，正向力做功較多 (D)兩者滑到底部的末速率相等 (E)兩者的滑行時間相等。

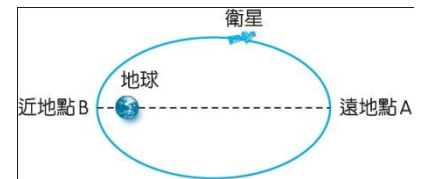


- ( ) 20. 質量 2.0 公斤的質點，由靜止釋放，沿著長度為 5.0 公尺的固定光滑斜面下滑至斜面底，質點高度下降 3.2 公尺，若重力加速度為 10 公尺 / 秒<sup>2</sup>，滑至斜面底時，質點的運動速率為多少公尺 / 秒？(A) 10 (B) 8.0 (C) 6.0 (D) 5.0 (E) 4.0。
- ( ) 21. 重力加速度為 10 公尺 / 秒<sup>2</sup>，質量 2.0 公斤的物體由靜止釋放，從離地高度 15 公尺處自由落下，不計空氣阻力，物體下降至離地 5 公尺的高度時，所具有的動能為多少焦耳？(A) 20 (B) 100 (C) 150 (D) 200 (E) 300。

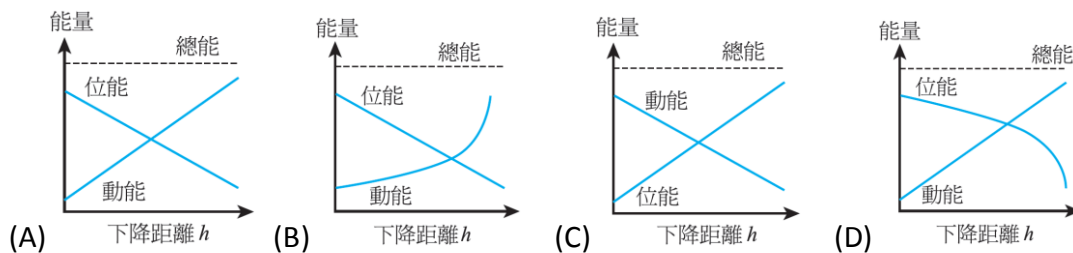
- ( ) 22. 將質量 0.2 公斤的小球自地面斜向拋出，初速度為 10 公尺 / 秒，小球除了高度變化之外，還有水平向前的運動。已知小球達最高點的動能為 3.6 焦耳，則小球達最高點距離地面的高度為多少公尺？(g=10 公尺 / 秒<sup>2</sup>)(A) 16 (B) 12 (C) 3.0 (D) 3.2 (E) 5.0。



- ( ) 23. 人造衛星作橢圓運動，只受地心引力做功，遵守力學能守恆律，衛星由遠地點 A 運行至近地點 B，重力位能如何變化？(A)先變大後變小 (B)先變小後變大 (C)逐漸變小 (D)逐漸變大 (E)固定不變。

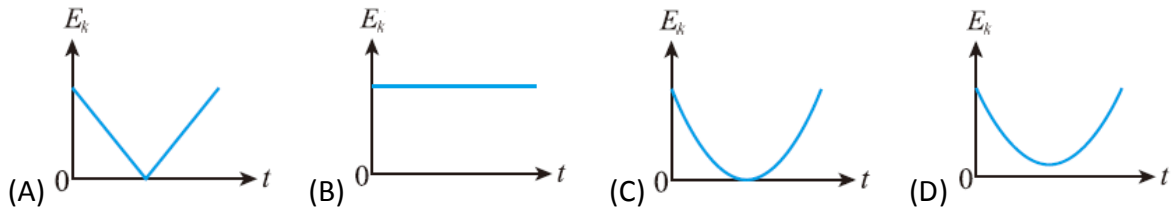


- ( ) 24. 一隻老鷹爪攫獵物，以 10 公尺/秒的水平等速度飛行，飛行之中獵物突然脫落。如果忽略空氣阻力，下列何圖代表獵物的「力學能」隨著獵物在垂直方向下降時距離的變化關係？

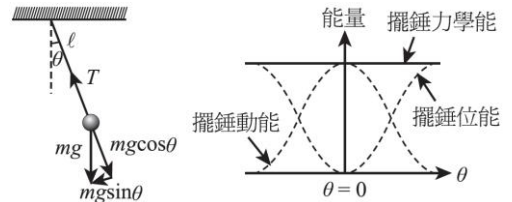


- ( ) 25. 鮭魚回游產卵，遇到水位落差時也能逆流而上。假設落差之間的水流連續，而且落差上下的水域寬廣，水流近似靜止。若鮭魚最大游速為 2.8 公尺/秒，且不計阻力，則能夠逆流而上的最大落差高度為何？ (A)9.8 (B)2.8 (C)1.4 (D)0.8 (E)0.4 公尺。

- ( ) 26. 將足球用力向斜上方踢，球向空中飛出，若不考慮空氣阻力，則下列哪一圖可以代表球的動能  $E_k$  與落地前飛行時間  $t$  的關係？



- ( ) 27. 單擺長久以來就被用來作為計時之用。單擺擺動時，擺錘會受重力( $mg$ )及擺繩張力( $T$ )影響。當單擺作小角度擺動時， $\sin\theta$  約等於  $\theta$ 。此時，我們可以將重力分解成相互垂直的兩個分力，其中一分力（大小為  $mg\cos\theta$ ）和繩張力方向相反，另一分力（大小為  $mg\sin\theta$ ），則與繩張力方向垂直，可推動擺錘向  $\theta=0$  的平衡位置運動。若不

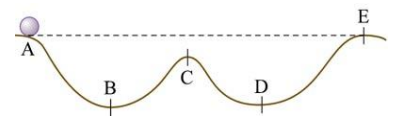


考慮擺繩的質量以及空氣阻力與摩擦力，則單擺的擺動週期近似於  $2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$ ，其中  $\ell$  為擺長，

$g$  為重力加速度， $m$  為擺錘的質量。根據附圖，當一單擺作小角度週期性擺動時，下列有關敘述中哪些是正確的？ (A)因為擺錘會回到原來的高度，所以重力對擺錘不作功 (B)依據牛頓第二定律( $F=ma$ )，擺錘愈重，則單擺擺動的週期愈長 (C)因為繩張力的方向與擺錘的運動方向垂直，所以繩張力對擺錘不作功 (D)因為擺錘的動能恆等於擺錘的位能，所以擺錘的力學能不變。

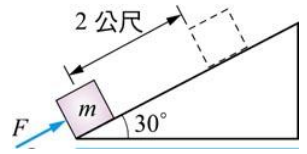
多選題

- ( ) 28. 一球沿光滑坡面下滑，如右圖所示，則下列敘述何者正確？ (應選 3 項)



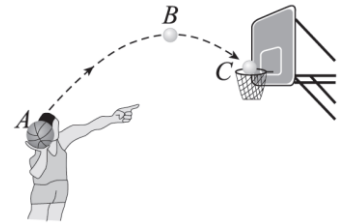
- (A)  $A \rightarrow B$  過程，動能漸增，重力位能漸減 (B) B、D 點動能最小 (C) A、E 點重力位能最大、動能最小 (D) C 點重力位能較 A 點大 (E)  $D \rightarrow E$  過程，動能漸減，重力位能漸增
- ( ) 29. 小明利用高樓緩降機等速向下滑降的過程中，則：(應選 3 項)
- (A)重力作功為正 (B)繩子拉力作功為負 (C)合力作功大於零 (D)重力位能漸減 (E)力學能守恆
- ( ) 30. 自地面鉛直上拋質量 2 克之小石子，兩秒鐘後石子落回原處，設地面上位能為零，取  $g=10$  公尺/秒<sup>2</sup>，不計空氣阻力，則：(應選 3 項)
- (A)石子能達到之最大重力位能 0.1 焦耳 (B)石子在空中力學能總和為 0.2 焦耳 (C)石子之最大動能為 0.1 焦耳 (D)石子之最小動能為 0.1 焦耳 (E)石子之最小動能為零

- ( ) 31. 如右圖，施一平行斜面之力  $F$  為 200 牛頓，使質量  $m$  為 10 公斤的靜止物體沿斜角為  $30^\circ$  的光滑斜面上滑 2 公尺，則下列敘述哪些正確？（ $g=10$  公尺/秒<sup>2</sup>）（應選 2 項）(A) 施力對物體作正功 100 焦耳 (B) 重力對物體作功為  $-100$  焦耳 (C) 重力位能增加 100 焦耳 (D) 合力對物體作功為 0 (E) 質量  $m$  的物體總力學能守恆

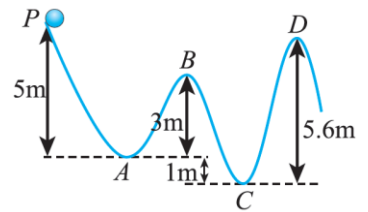


- ( ) 32. 有關「力學能」的敘述，下列何者正確？（多選） (A) 彈力位能和重力位能統稱為力學能 (B) 動能和位能統稱為力學能 (C) 物體受摩擦力作功時，總力學能不變 (D) 物體受摩擦力作功時，總力學能不守恆 (E) 物體僅受重力作功時，總力學能等於定值。

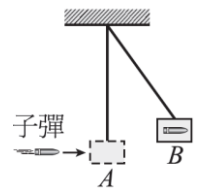
- ( ) 33. 小馬在  $A$  點將籃球投出，經最高處  $B$  點後，在  $C$  點進入籃網，不計空氣阻力，則下列敘述何者正確？（多選） (A) 球於  $A$  點動能最大 (B) 球於  $B$  點時動能為零 (C) 球至  $C$  點時位能最大 (D) 球於  $C$  點速度量值小於  $A$  點 (E) 由  $A$  點經  $B$  點至  $C$  點的過程中，一路上都遵守力學能守恆定律



- ( ) 34. 如圖所示，一質量為  $m$  的物體，沿光滑軌道從  $P$  點靜止滑下，則下列敘述何者正確？（多選） (A) 在  $A$  點的速度最快 (B) 物體可通過  $B$ 、 $D$  兩點 (C) 在  $A$  點的動能為  $5mg$  (D) 在  $C$  點的動能為  $4mg$  (E) 物體通過  $C$  點時的速率為  $\sqrt{12g}$ 。



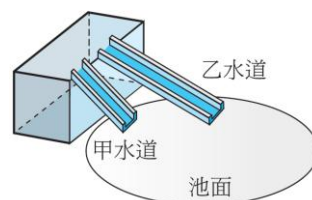
- ( ) 35. 附圖表示某子彈在  $A$  位置時射中木塊，且停留在木塊中，使木塊盪到最高點的  $B$  位置。則在此過程中，子彈原有的動能變成下列何者？（多選） (A) 熱能 (B) 重力位能 (C) 木塊的動能 (D) 化學能 (E) 以上皆非



- ( ) 36. 一質量為  $m$  之物體以  $\frac{1}{2}mv^2$  的動能鉛直向上拋射，若重力加速度的量值為  $g$ ，則正確的敘述為（不計空氣阻力）（多選） (A) 物體可上升的最大距離為  $\frac{v^2}{2g}$  (B) 當物體達最高點的瞬間，物體受力為零 (C) 物體下降回原拋射點時，其速度的量值為  $v$  (D) 物體的動量在運動過程中不變，符合動量守恆律 (E) 物體的總力學能在運動過程中不變
- ( ) 37. 下列敘述中哪些比較適合作為能量守恆律的例證？（多選） (A) 自高度  $h_0$  處落下的石頭，在高度  $h$  處的速度  $v$  符合公式  $v^2 = 2g(h_0 - h)$  ( $g$  為重力加速度) (B) 步槍射擊時，在子彈向前射出後，槍身會後退 (C) 將燒熱的鐵塊放入冷水中，鐵塊溫度降低時，水的溫度會升高 (D) 行進中的車子因煞車而靜止後，其煞車裝置會發熱 (E) 沿一直線以相同速率運動的輕、重兩球，若碰撞後黏在一起，則此黏合體必沿重球原來的運動方向前進。
- ( ) 38. 某人於無風的狀態下在水平路面上沿一直線騎腳踏車。若輪胎與路面間的靜摩擦係數大於動摩擦係數，則下列有關其騎車過程的敘述，哪些是正確的？（多選） (A) 以不同的

等速行進時，車速愈快愈費力，主要是須要克服來自空氣的阻力 (B)如果考慮的系統包括人和腳踏車，則腳踏車行進時，系統的動量是守恆的 (C)腳踏車行進時，地面與輪胎間的正向力，對人和腳踏車構成的系統並不作功 (D)腳踏車行進時，地面與輪胎間如有滑動，則動摩擦力對人和腳踏車構成的系統並不作功 (E)如果考慮的系統包括人、腳踏車和地球，則腳踏車在加速、減速時，整個系統的力學能是守恆的

- ( ) 39. 水上遊樂區的水池上面，架設有高度相等的甲和乙兩個斜面滑梯水道。有一小孩先後自甲、乙水道的頂端下滑入池，所花的時間分別為  $t_a$  和  $t_b$ ，剛入池時的速率分別為  $v_a$  和  $v_b$ 。若摩擦力可忽略，下列敘述何者正確？(多選) (A)  $t_a > t_b$  (B)  $t_a = t_b$  (C)  $t_a < t_b$  (D)  $v_a > v_b$  (E)  $v_a = v_b$  (F)  $v_a < v_b$



- ( ) 40. 將質量為  $m_{甲}$  與  $m_{乙}$  ( $m_{甲} > m_{乙}$ ) 的甲、乙兩個小球，在離水平地面同一高度，分別以  $v_{甲}$  與  $v_{乙}$  ( $v_{甲} > v_{乙}$ ) 的水平速度平拋出去，若不計空氣阻力，則下列敘述哪些是正確的？(多選) (A) 甲球與乙球同時落地 (B) 甲球的落地地點比乙球的遠 (C) 飛行了一秒時，甲球比乙球離地面的高度來得低 (D) 甲、乙兩球在落地前的速率均不變 (E) 甲、乙兩球在落地前的動能相同。
- ( ) 41. 公園的鯉魚以垂直水面方式躍出，其質心距離水面最大高度約 20 公分。如果只考量重力的影響，則下列有關鯉魚躍出至落回水面的敘述何者正確？(多選) (A) 鯉魚質心自躍出到落回水面，一共約持續 0.4 秒 (B) 離水面愈高，鯉魚所受重力愈大 (C) 離水面愈高，鯉魚質心動能愈大 (D) 在最高點處，鯉魚質心速率最大 (E) 在最高點處，鯉魚質心速率為零 ( $g = 10$  公尺/秒<sup>2</sup>)。
- ( ) 42. 跳遠比賽時，某生助跑後從起跳板躍起落在沙坑中，已知起跳點與落地點在同一水平面。若空氣阻力可忽略，跳遠者僅受重力作用且可視為質量集中於質心的質點，則在該生起跳後到落地前的過程中，下列有關其運動的敘述哪些是正確的？(多選) (A) 該生作等速度運動 (B) 該生作等加速度運動 (C) 該生作變速圓周運動 (D) 該生的速率在最高點達最大 (E) 該生落地前的瞬間速率等於躍起時的瞬間速率。
- ( ) 43. 高空彈跳者一躍而下，繩索伸長到最大長度時將彈跳者往上拉回，接著彈跳者又落下，然後再被繩索拉回，接連重複數次。在這彈跳過程中，下列何種能量轉換最不可能發生？(A) 彈性位能轉換為重力位能 (B) 彈性位能轉換為動能 (C) 重力位能轉換為動能 (D) 動能轉換為重力位能 (E) 阻力產生的熱能轉換為動能

#### 44、45 為題組題

16 世紀伽利略設計了一個光滑沒有阻力的斜坡道實驗，如圖所示。左邊的坡道斜度是固定的，但是右邊坡道的斜度與長度不同，甲為最陡坡道，丁為一假想情境，沒有任何坡度且可水平的展延到無窮遠處。將一小球分別在甲、乙、丙、丁四個坡道由高度為  $h$  的  $P$  點靜止放下，實驗發現，在甲、乙、丙三個坡道，球最後都可以到達高度相同的  $L$ 、 $M$ 、 $N$  三個點，且與球的質量無關。

- ( ) 44. 根據上文，下列敘述哪些正確？(多選) (A) 在坡道底部，較重的球比較輕的球滑動速度較快 (B) 在坡道底部，較輕的球比較重的球滑動速度較快 (C) 不同質量的球所受的重力都相同 (D) 球經由丁坡道滑下後會維持等速度前進，不會停下來 (E) 利用丁坡道的想

像實驗可推論出動者恆動的說法。

- ( )45. 上文所描述的運動過程中，下列哪些物理量不會隨時間發生改變？（多選） (A)甲坡道上球的重力位能 (B)乙坡道上球的動能 (C)丙坡道上球的力學能 (D)丁坡道上球的重力位能 (E)丁坡道上球的力學能。

答案 1.D 2.A 3.D 4.B 5.C 6.E 7.E 8.D 9.C 10.B 11.B 12.A 13.B 14.A 15.C  
16.C 17.E 18.E 19.D 20.B 21.D 22.D 23.C 24.A 25.E 26.D 27.C 28.ACE 29.ABD  
30.ACE 31.BC 32.BDE 33.ADE 34.BCE 35.AB 36.ACE 37.ACD 38.AC 39.CE 40.AB  
41.AE 42.AE 43.E 44.DE 45.CE



二、能量守恆