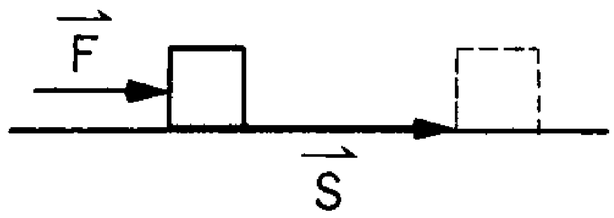
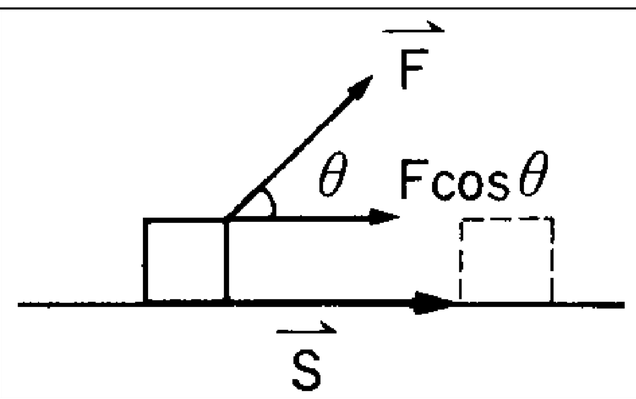
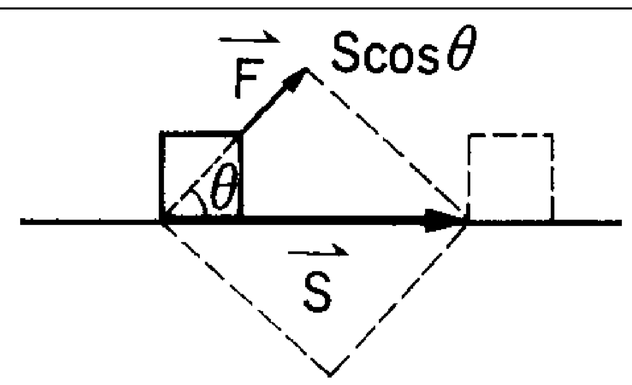
第七章 能量與生活

7-1 能量的形式與轉換

一、功

1.定義：功=力×施力方向上的位移。

$W=\vec{F}\cdot\vec{S}=FS\cos\theta$　其中θ為$\vec{F}$與$\vec{S}$的夾角。

圖			
說明	$W=F\cdot S$ 功=力×同方向的位移	$W=(F\cos\theta)S$ 功=位移方向的分力×位移	$W=F(S\cos\theta)$ 功=力×位移在力方向的分量

2.單位：

	力 **F**	位移 **S**	功 **W**
M.K.S.制	牛頓**(Nt)**	公尺**(m)**	焦耳**(Joule)**
C.G.S.制	達因**(Dyne)**	公分**(cm)**	爾格**(Erg)**

2.說明：

(1)物理學上的「功」和一般日常生活用語所指的「工作」,「做工」等含意是不同的，在物理上作功是指將能量轉換的過程，能的形式有動能、位能、熱能、光能、電能等，能的形式可藉作功而互相轉換。當我們施力於物體，使其沿力的方向有位移時，便稱此外力對物體作功。

(2)功為純量，只有量值沒有方向，但有正負之分。

若$0°\le\theta\le90°$外力對物體作正功、物體能量增加。

若$90°<\theta\le180°$外力對物體作負功、物體能量減少。

(3)功是相對的量，因觀察者的參考座標不同，所求得的功亦可能不相同。

(4)當物體所受的力不只一個時，各力所作之功的和等於合力所作之功，稱為淨功。

$W=W_1+W_2+W_3+\cdots\cdots$

$\vec{F}_{合力}\cdot\vec{S}=\vec{F}_1\cdot\vec{S}+\vec{F}_2\cdot\vec{S}+\vec{F}_3\cdot\vec{S}+\cdots\cdots$

3.作功為零的例子：**(**指施力方向與位移方向垂直時，施力不作功**)**

(1)單擺運動中繩子的張力不作功**;**

(2)物體沿斜面下滑時，斜面對物體施的正向力不作功**;**

(3)圓周運動的物體，向心力不作功。

(4)衛星運動中，萬有引力不作功。

(5)人手提重物沿水平方向等速前進，向上提物之力不作功。

$$※\begin{cases} F=0 \\ S=0 \\ \theta=90^\circ \end{cases} \Rightarrow W=0$$

例 1.以下有關功之敘述，何者為正確？(A)人造衛星繞地球一周，萬有引力對衛星所作之功為 0 (B)手持重物，但手未運動，則手對重物所作之功為 0 (C)以手沿一粗糙表面推一重物以等速前進，則手對重物所作之功為 0 (D)單擺運動中，繩之張力對擺錘所作之功為 0 (E)一帶電粒子在一均勻磁場中運動，則磁場對該帶電粒子所作之功為 0。【日大】答：(A)(B)(D)(E)

類 1.下列何者作功爲零？(A)電子在均勻且不隨時間變化的磁場中作圓周運動，磁力對電子所作的功 (B)火箭升空時，重力對火箭所作的功 (C)鉛球拋出後，在飛行過程中，手對鉛球所作的功 (D)在下坡道時，手用力推嬰兒車，手對車所作的功 (E)鉛直掛物於彈簧下端，物體達平衡而靜止以後，彈力對物體所作的功。答：(A)(C)(E)

類 2.下列敘述何者正確？ (A)提重物在水平地面上等加速前進，人作功爲零 (B)承(A)，重力作功爲零 (C)提重物在斜坡上等速運動，人作功爲零 (D)單擺由最高點盪至最低點，張力作功爲零(E)地球由近日點繞行至遠日點，太陽對地的引力作功爲零。答：(B)(D)

類 3.下列有關功的敘述何者錯誤？ (A)單擺運動中，繩子的張力對擺錘不作功 (B)以一繩繫一小球作鉛直面圓周運動的過程中，重力不作功 (C)以一彈簧繫一物體作水平面的簡諧運動，物體由端點運動至平衡點的過程中，彈力作正功 (D)地球由近日點運動至遠日點的過程中，萬有引力作負功 (E)質子在均勻磁場中作螺旋運動，磁力對質子不作功【86.臺北區聯合模擬考】答：(B)

例 2.沿粗糙的斜面將物體等速向上拉，則下列何者為零？ (A)拉力作功 (B)重力作功 (C)摩擦力作功 (D)物體的位能變化 (E)物體的動能變化。答：(E)

類 4.下列何種情況下，手對手提皮箱所做之功爲零？(A)提皮箱等候巴士 (B)提皮箱等速在水平路上行走 (C)提皮箱上車 (D)提皮箱在水平路上加速度行走 (E)提皮箱在斜坡上行走。答：(A)(B)

類 5.下列何者作功爲零？ (A)鉛球投出後，在飛行過程中，手對鉛球所作的功 (B)行星繞太陽一周，萬有引力對行星所作的功 (C)斜拋運動之物體自初拋至其著地，重力對物體所作的功 (D)單擺懸線之張力對擺錘所作之功 (E)手提皮箱等速上樓，手對皮箱所作的功。答:(A)(B)(C)(D)

類 6.下列何種情形中物體所受之力對物體所作之功爲零？ (A)人造衛星繞地球運行，由遠地點至近地點，萬有引力作功 (B)錐動擺擺動時，重力對擺錘作功 (C)在水平粗糙面上，沿一封閉圓軌道切線方向推物，使繞行一周，推力作功 (D)物體沿光滑斜面運動時，斜面對物體之作用力所作的功 (E)在粗糙平面上運動之物體，重力對物體作功。答：(B)(D)(E)

類 7.功之值與下列何者有關？(A)力之量值 (B)力之方向 (C)位移之量值 (D)位移之方向 (E)觀察坐標的選擇。答：(A)(B)(C)(D)(E)

類 8.下列敘述何者不正確？(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)一物體同時受多力作用，則所作總功爲各力所作功之代數和 (E)在任何狀況下，功皆與路徑無關。答：(A)(B)(E)

類 9.下列敘述何者正確？ (A)物體要作功，必須具有能 (B)物體具有能，必對外作功 (C)功與能可互相轉換 (D)物體具有之能量愈多，可對外界作愈多的功。答：(A)(C)(D)

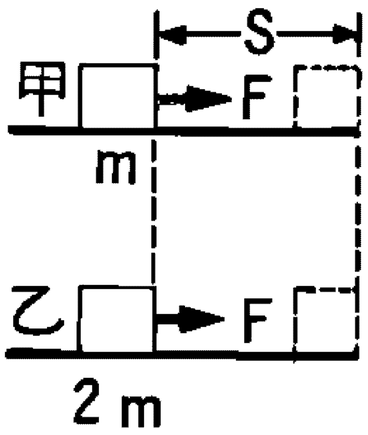
※$\theta = 0°$或$180°$

例 3.某人提質量 m kg 之手提箱，以 a 公尺/秒^{2}之等加速度沿水平路面走 d 公尺，則此人對手提箱作功多少焦耳？答：mad

類 1.在平地上以 3 牛頓的水平力推一質量爲 2 公斤的靜止物體，在第 2 秒末物體的速率爲 $2\,m/s$，則在前 2 秒內，此推力所作的功爲若干焦耳？(A)2 (B)4 (C)6 (D)8 (E)10。答：(C)

類 2.一質量 5 公斤之質量，受 10 牛頓定力的作用後，從 XY 水平面上 $\vec{r}_A = 3\vec{i} + 3\vec{j}$ 公尺之 A 點，由靜止開始移向 $\vec{r}_B = 7\vec{i} + 6\vec{j}$ 公尺之 B 點。該力對質點所作用的功爲 (A)20 焦耳 (B)30 焦耳 (C)40 焦耳 (D)50 焦耳【80 三專】答：(D)

例 4.如圖所示，在光滑的水平面上，靜止的甲、乙兩物體質量分別為 m、2m，受同樣的水平力 F 作用，沿力的方向移動相同距離 S ，則下列何者正確？(A)水平力 F 對乙物體作功較大 (B)水平力 F 對甲物體作功較大 (C)甲、乙兩物體獲得的動能一樣大 (D)水平力 F 對甲、乙物體平均功率一樣大。答：(C)【86 大考中心題庫】



類 3.某人以 10 牛頓之力推一質量 20 公斤之物體作半徑 10 米的等速率圓周運動，則：(A)作圓周運動之向心力為 10 牛頓 (B)向心力為 196 牛頓 (C)向心力不作功 (D)此人推物體一周作功為零 (E)此人推物體一周作功為 200π 焦耳。答：(C)(E)

類 4.某人將質量 2kg 的手提箱由地面等速提至高度為 0.5m 後，沿水平面緩慢行走 10 m。設行走時手提箱在離地 0.5m 的高度，則此人對手提箱總共作了多少焦耳的功？ (A)0 (B)1 (C)9.8 (D)196 (E)205.8【87 推甄】答：(C)

例 5.兩個帶同種電荷之小球有互相排斥之靜電力，施一外力將其等速拉遠時 (A)外力需作正功 (B)位能變大 (C)位能變小 (D)位能不變。【甄選試題】【解說】愈遠離位能愈小。要等速則外力須克服互相排斥之力，則因外力與位移反方向做負功。答：(C)

※W=FScosθ

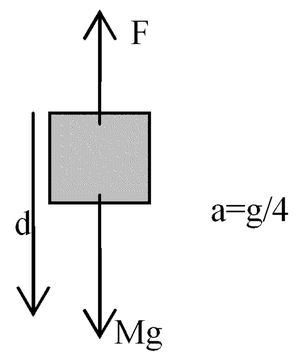
例 6.一物體質量 5kg，停在一光滑水平面上，施以 50 牛頓之力，仰角 45°，經 4 秒，拉力作功若干？答：2000J

類 1.手提 20nt 的行李，下列情況下手做功若干？ (A)他靜立不動經 5.0 分鐘提著箱子 (B)他提箱等速度在 2.0 秒內跑水平距離 15m (C)他提箱子登上 0.80m 汽車 (D)他提箱子走下坡 20 米，路面與水平成 30°角。答：(A)0；(B)0；(C)16J；(D)-200J

※多力作功

型一：重力

例 7.用繩垂直放下一質量為 M 之木塊，以 g/4 之等加速度下降 d 之距離，則繩對木塊所做之功為：(A) $\frac{Mgd}{4}$ (B) $\frac{Mgd}{2}$ (C) $\frac{3Mgd}{4}$ (D) $-\frac{Mgd}{4}$ (E) $-\frac{3Mgd}{4}$ 。答：(E)



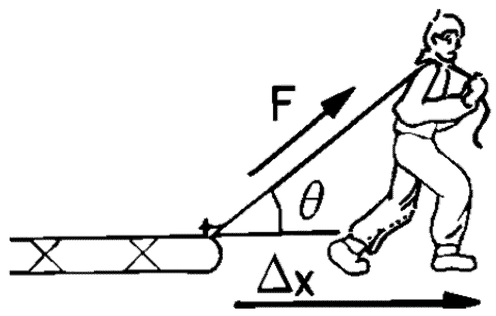
類 1.用繩將質量爲 M 之木塊垂直放下，以 $\frac{g}{3}$ 的向下加速下降距離 L ，則繩對木塊所作功 (A) $-\frac{4}{3}MgL$ (B) $\frac{4}{3}MgL$ (C) $-\frac{2}{3}MgL$ (D) $\frac{2}{3}MgL$ (E) MgL 。答：(C)

類 2.以手托一質量爲 2 公斤的物體，並使手以等速下降 2 公尺距離(g=9.8 m/s^2)，則：
(1)手對物體作功爲_____焦耳。答：-39.2J
(2)作用於物的合力作功爲_____焦耳。答：0

類 3.體積 50cm^3 的乒乓球由 20cm 深盛滿水的燒杯底部浮至水面上時，浮力所作之功約爲若干焦耳？ (A)0.1 (B)5 (C)2.5 (D)0.4 (E)3 焦耳。答：(A)

型二：摩擦力

例 8.一人以繩拖曳質量為 10 公斤的雪橇(g=10 m/s^2)，使其等速前進，若雪橇和地面的摩擦係數為 0.2，則
(1)拉力與地面平行，問前進 30 公尺時，此人對雪橇所作的功為若干焦耳？答：600J
(2)拉力斜向上與水平成 45° 角，問前進 30 公尺時，此人對雪橇所作的功為若干焦耳？答：500J

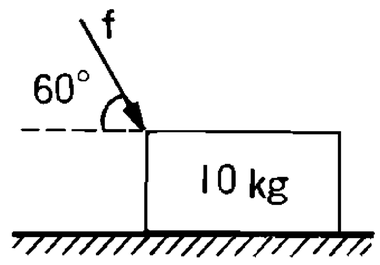


類 1.一人在水平道路上推進一購物車，推力 50 牛頓與路面成 60°，若車子在 10 秒內以等速前進 8 公尺，則 (A)推力所作的功爲 200 焦耳 (B)推力之功率爲 20 瓦特 (C)摩擦力所作之功爲-200

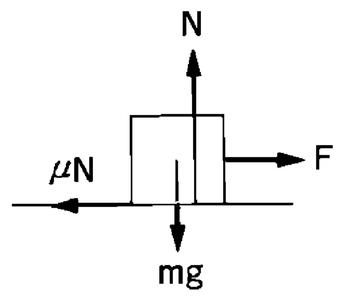
焦耳 (D)重力所作之功爲 346 焦耳。答：(A)(B)(C)【75.夜大】

類 2.質量 20 公斤之物受一與水平成 37°、100 牛頓的推力作用 10 秒，若 (1)平面光滑推力作功各若干？ (2)動摩擦係數 0.1，g=10 m/s^2 推力作功各若干？答：(1)16000J (2)10800J

類 3.質量 10kg 物體靜止於一水平面上，以 f 之推力作用(如圖)，若物體與地面間摩擦係數爲 0.2，則等速滑行 10 公尺後，f 對物體作功若干焦耳？答：300J



類 4.一人以繩拖曳質量爲 1 公斤的雪橇，使其等速前進，若雪橇和地面的摩擦係數爲 0.2，拉力與地面平行。問前進 3 公尺時，(g=10 m/s^2) (A)人對雪橇所作的功爲 6 焦耳 (B)重力對雪橇所作的功爲 6 焦耳 (C)正向力對雪橇所作的功爲-6 焦耳 (D)摩擦力對雪橇所作的功爲-6 焦耳 (E)合力對雪橇所作的功爲零。答：(A)(D)(E)

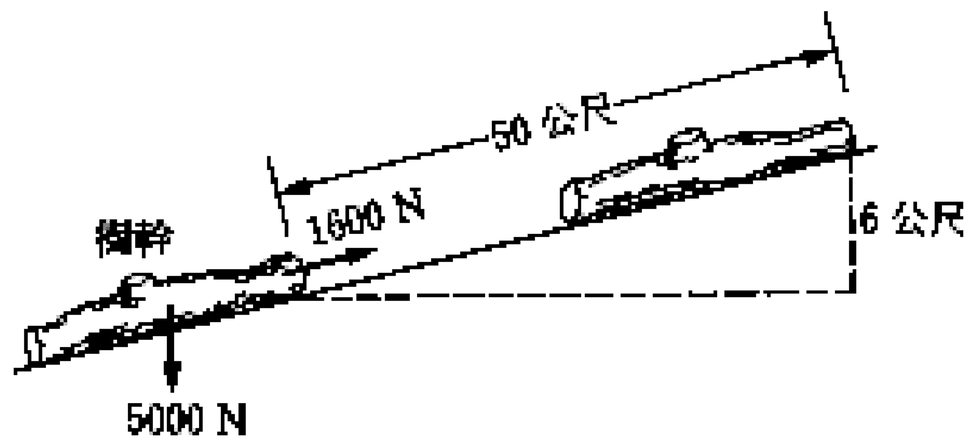


例 9.如附圖所示，阿達施 1600 牛頓沿斜面的拉力拉動一重 5000 牛頓的樹幹，在斜面上拖行 50 公尺，鉛直高度升高 6 公尺，若樹幹與斜面之間的摩擦力爲 1000 牛頓，則：

(1)施力所作之功爲_____焦耳。

(2)摩擦力所作之功爲_____焦耳。

(3)合力所作之功爲_____焦耳。答：(1)80000；(2)－50000；(3)0



二、力學能

※動能 $E_k = \frac{1}{2}mv^2$

1.動能公式：$E_k = \frac{1}{2}mv^2$

2.動能單位：

	質量 m	速度 v	動能 E_k
M.K.S.制	kg	m/s	焦耳 $J = kg \cdot m^2/s^2$
C.G.S.制	g	cm/s	爾格 $erg = g \cdot cm^2/s^2$

3.動能與功的關係：

(1)功與能量的單位完全相同都是焦耳，代表相同的物理量，可以互相轉換。

(2)動能與功都是純量，無方向性，其中動能恆為正值，功可分為正功與負功。

(3)動能隨參考座標而異，因為 **v** 乃相對於參考座標的速度。

＊動能

例 10.對一靜立地上的觀察者而言，下列敘述何者正確？ (A)運動中的物體必具有動能 (B)具有動能的物體必在運動 (C)速率不大時，物體的動能大小與物之質量成正比 (D)質量相等之二物，速度較大者動能較大 (E)速度和質量皆相等之二物，高度較高者動能較大。答：(A)(B)(C)(D)

類 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。答：(C)

例 11.質量 1.0 仟克的物體以 10 米／秒的速率撞擊一彈簧將之壓縮 0.20 米。若物體反跳的速率爲 8.0 米／秒，則物體動能的損失爲_____焦耳。答：18

類 1.物體質量不變，速率變爲原來的 3 倍，則此物體的動能變爲原來的_____倍。答：9

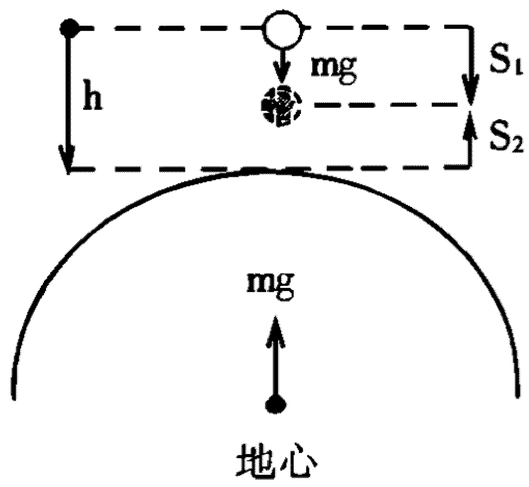
類 2.一槍彈的速度恰能穿過一塊木板，如槍彈速度變爲原來的 3 倍，則可穿過同樣木板____塊。答：9

※重力位能 $U_g = mgh$

一、地表附近的重力位能是 $U_g = mgh$

1.地表附近是指距地表高 **h**，且此 $h << R_e$ **(**地球半徑**)**，此時在地面上之重力視為定力 **mg**。

2.重力位能是物體 **m** 與地球 **M** 彼此間所共同其有的。如圖，當物自由落下時，因物與地球互相吸引，兩者受力均為 mg，各自移動 S_1 及 S_2，全部重力做功 $W = mgS_1 + mgS_2 = mgh$。但因 $S_1 : S_2 = M_e : m$ (M_e 為地球質量)，則



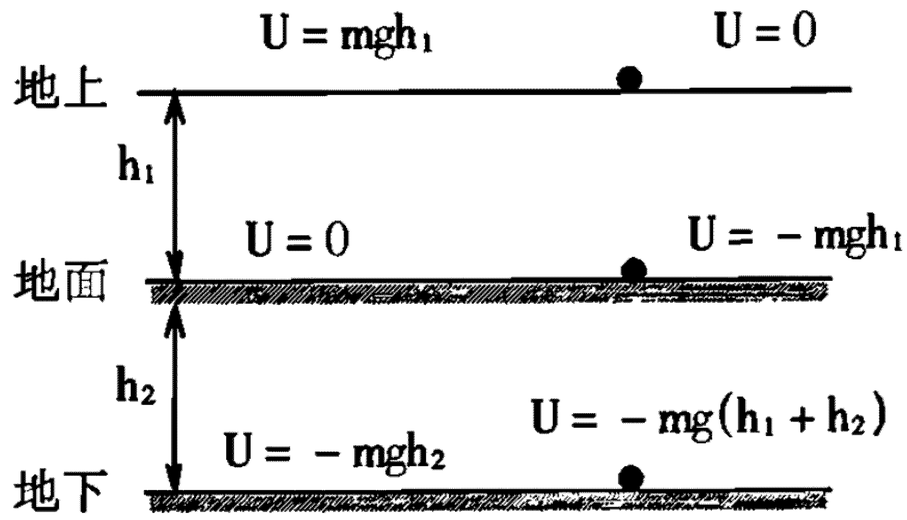
$S_1 = \dfrac{M_e}{M_e + m} h \cong h\,(\because M_e >> m)$，故此位能 mgh 可看成全部為物體 m 所具有。

3.在高 **h** 處質量 **m** 物落下系統損失的重力位能為 **mgh**，它將轉變為物體與地球的總動能。但因地球質量太大，故分配到之動能甚小，可略。故說此位能為物體所具有，大小為 **E=mgh**。

二、零位面：

1.位能是比較的，我們所定訂用於比較位能的比較標準平面稱為零位面。在地表面附近的零位面一般是取地面，若是甚遠則以∞處為零位面。

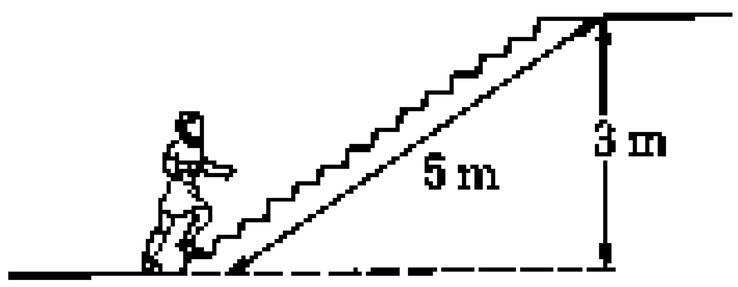
2.若以地面為零位面，則物體重力位能為 **U=mgh**。



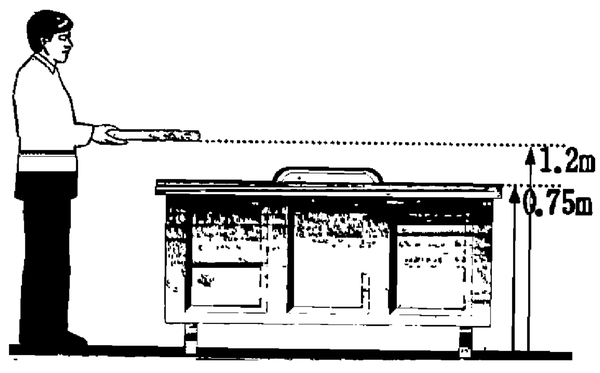
三、單位

	位能	動能	功
M.K.S.制	焦耳 **Joul**	焦耳 **Joul**	焦耳 **Joul**
C.G.S.制	爾格 **erg**	爾格 **erg**	爾格 **erg**

例 12.某生體重 400 牛頓，在 4 秒內爬上附圖的階梯頂部，則他獲得的重力位能為若干焦耳？ (A) 120 (B) 240 (C) 1200 (D) 2000 (E) 1600 焦耳。答：(C)



類 1.某人拿著物理課本站在桌子旁邊，如圖所示。課本的質量爲 100g，若分別以通過地面、桌面以及手掌的水平面作爲重力位能的參考面，則課本的重力位能各爲多少？答：(1)1.18J；(2)0.44J；(3)0



類 2.下列有關自發反應的敘述何者正確？ (A)可使物體的位能增加 (B)可使物體的位能減少 (C)可使物體的質量減少 (D)可使物體的溫度昇高。【試題評量】【解說】自發性之行爲爲位能降低，如人自高處自然往低處落，同名電相斥而遠離，異名電或物與地球之相吸而靠近均是位能降低，而熱之逸散是使溫度降低。答：(B)

類 3.下列何者是位能 (A)石頭提高 (B)彈簧拉長 (C)核能 (D)熱能 (E)帶電體互相靠近 (F)兩磁鐵相近 (G)摩擦生熱。【解說】核能除核力之位能釋放外，尚有部分質量減損轉換成能量。答：(A)(B)(E)(F)

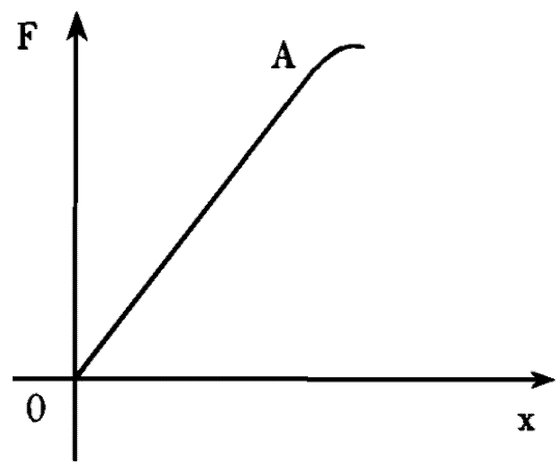
※彈性位能 $U_S = \frac{1}{2}kx^2$

一、虎克定律：彈性體在彈性限度內，外力 **F** 與變形 **x** 成正比。

公式：外力 $\vec{F} = k\vec{x}$

或 恢復力 $\vec{f} = -k\vec{x}$

1.彈性限度：將彈簧由原長拉長 **x** 或壓縮 **x'**之外力 **F** 與變形 **x**

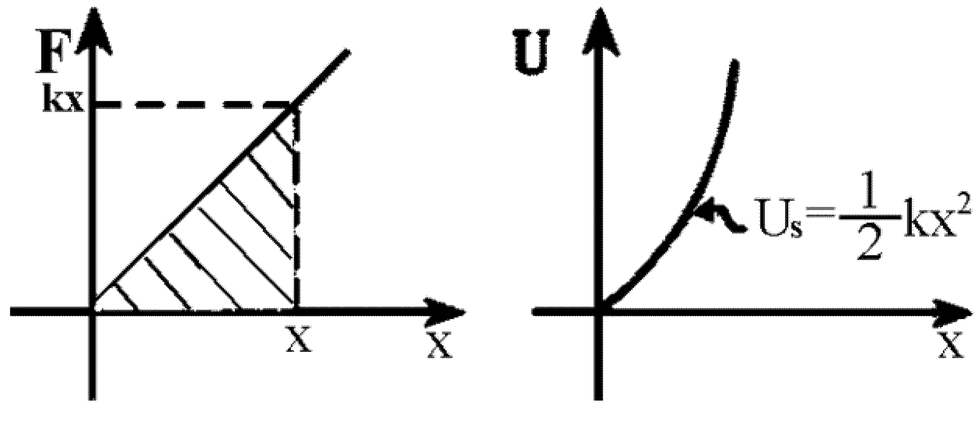


關係如圖，**A** 稱為彈性限度。在 **OA** 範圍內 **F** 與 **x** 成正比。

2.線性彈簧：符合虎克定律**(**即受力與變形成正比**)**的彈簧，稱為線性彈簧。

3.非線性彈簧：不符合虎克定律**(**即受力與變形不成正比**)**之彈簧，稱非線性彈簧。

二、彈力位能：對線性彈簧而言，當施力 $\vec{F}=k\vec{x}$ 使彈簧產生形變 $\vec{x}$ 時，如圖，則此外力作功為圖中斜線部分的面積 $W=\dfrac{\vec{F}\cdot\vec{x}}{2}=\dfrac{1}{2}kx^2$



此功轉變為此彈性體之彈力位能 $U_S=\dfrac{1}{2}kx^2$

例 13.若將彈簧壓縮 x 後，可將小球以 E_k 的動能彈出，則將彈簧壓縮量增為 2x 時，小球彈出的動能為：(已知彈簧作功與形變的平方成比例) (A) E_k (B)2 E_k (C)4 E_k (D)8 E_k。答：(C)

※力學能守恆

1.力學能**(**又稱機械能**)**：動能與位能**(**重力位能或彈力位能**)**之和。聲波能量也屬之。

2.力學能守恆：當只有彈力或重力作用時**(**不考慮阻力，空氣阻力，摩擦力等**)**，其動能與位能可互為轉換，但總能一定。

3. 鉛直上拋之力學能守恆：

初拋動能=任意高度之動能+任意高度之位能=最高點之位能

$$\frac{1}{2}mv_o^2=\frac{1}{2}mv^2+mgh=mgH$$

＊自由落下

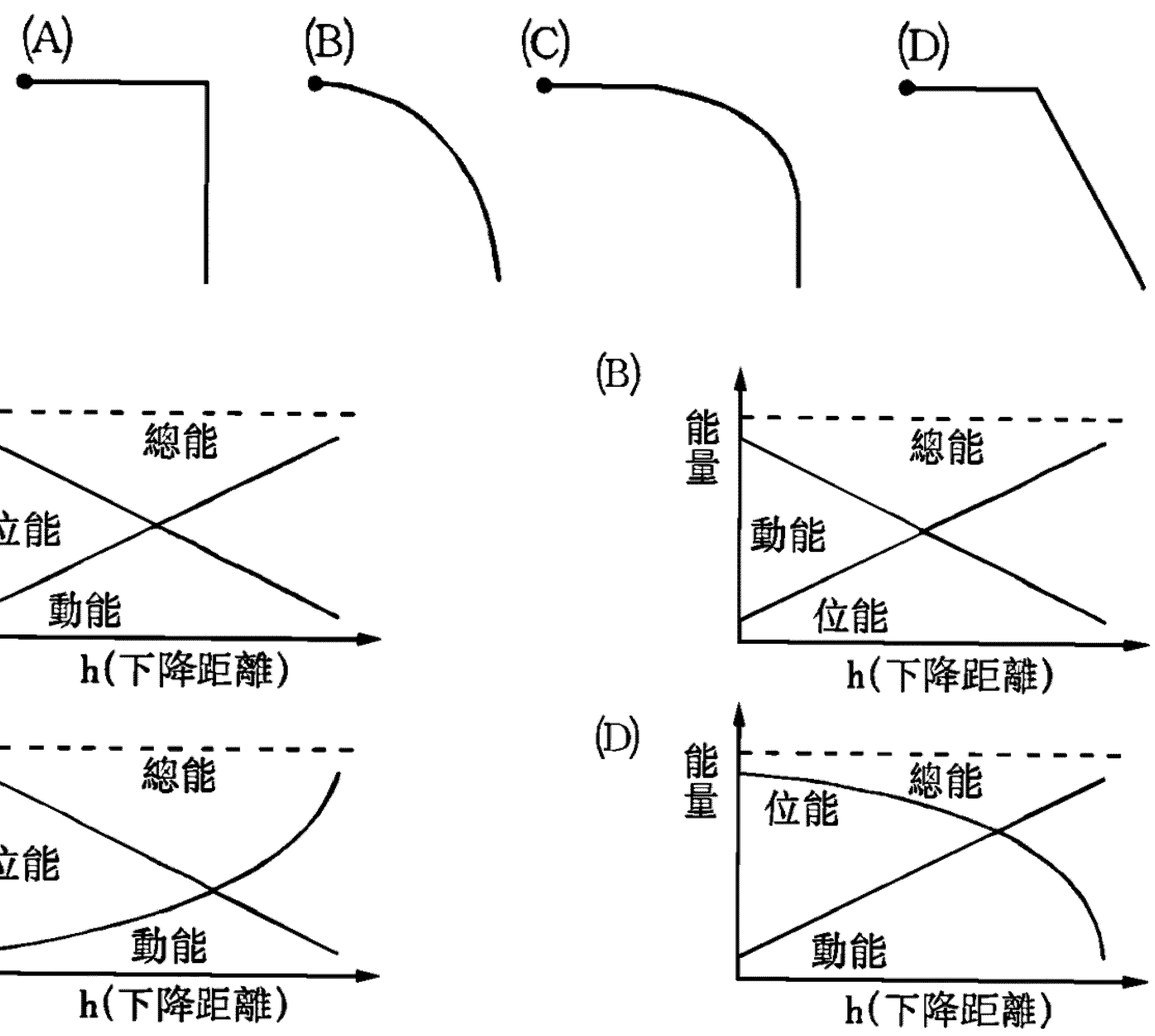
例 14.一隻老鷹爪樓獵物，以 10 公尺/秒的水平等速度飛行，飛行之中獵物突然脫落。回答(1)~(3)題：

(1)老鷹受地球引力的反作用力為何？

(A)空氣對老鷹的浮力 (B)獵物對老鷹的引力 (C)老鷹拍動翅膀的上昇力 (D)老鷹對地球的引力。

(2)如果忽略空氣阻力，下列何圖最可能代表地面上靜止觀察者所看到的獵物運動軌跡？(假設老鷹是由左向右飛行，點為獵物脫落之處)

(3)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？【86 年大學甄選】答：(1)(D)；(2)(B)；(3)(A)

類 1.炸彈下落的過程 (A)位能漸減，動能漸增 (B)位能漸增，動能漸減 (C)位能漸減，動能不變 (D)位能、動能均不變。（不計空氣阻力及摩擦力）答：(A)

例 15.一個 0.2 公斤的球由 15 公尺高處自由落下，忽略空氣阻力，當球落地瞬間獲得的動能爲若干？（$g=10m/s^2$） (A)0.3 (B)3 (C)7.5 (D)30 (E)45 焦耳。答：(D)

類 2.不考慮空氣阻力的影響，當質量爲 20 公斤的物體自距地面 40 公尺高處自由落下，當其動能與位能相等時，物體距地面的高度爲多少公尺？ (A)35 (B)30 (C)25 (D)20。答：(D)

＊拋體

例 16.以地面之重力位能為零，不計空氣阻力，自樓頂上斜向拋出一物體，則 (A)在最高處之動能為零 (B)著地時之動能大於拋出時之動能 (C)在動能與位能相同時，物體恰自最高點回到樓頂 (D)著地時的力學能大於拋出時之力學能 (E)任何時刻總能量相同。答：(B)(E)

類 1.一塊小石頭被斜向拋到空中，然後落地。對此過程之敘述，以下何者正確？ (A)石塊在最高點時，位能最大 (B)石塊上昇時，力學能持續增加 (C)石塊在落地瞬間，力學能最大 (D)石塊落地時，加速度最大。【84 年大學甄選】【解說】力學能時時守恆，加速度均爲定值 g，最高點位能最大。答：(A)

類 2.斜向發射炮彈，當到達最高點時 (A)位能最大 (B)動能爲零，位能最大 (C)動能與位能皆達最大值 (D)動能與位能皆最小 (E)動能不爲零。【解說】斜向發射，最高點還有水平方向速度，即有動能。答：(A)(E)

類 3._____能和_____能合稱爲力學能。一般而言，如果物體在運動過程中，在沒有外力作功的情形下其總和不變稱爲_____。答：動；位；力學能守恆

例 17.一質量為 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)： (A)物體可上昇的最大距離為 $\frac{v^2}{2g}$ (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，符合動量守恆定律 (E)物體的總力學能(或稱總機械能)在運動過程中不變。【大學聯考題】【解說】在(B)最高點仍然受到地心引力。在(D)因受重力，故速度會變，即動量會變。答：(A)(C)(E)

類 4.把球垂直向上拋擲，試問球在上升的過程中，球的何種能量減少？_____假設空氣對球的阻力可忽略不計，球被拋出的初速為 10m/s，則球回落至原出發點的速度大小為_____m/s。答：動能；10

類 5.將質量 m 之小球，以 V 初速度鉛直拋上，不計空氣阻力，球達至最高點的瞬時，球的動能為____，球之位能增加___mv^2 。答：0；$\frac{1}{2}$

類 6.將質量 m 之小球，以 v 初速度鉛直拋上，不計空氣阻力，球到達最高點的瞬時，其速度大小為_____。球自拋出至到達最高點，其位能增加_____。答：0；$\frac{1}{2}mv^2$

＊等速上升或等速下降

例 18.以等速度向上提高的物體 (A)動能漸增，而位能漸減 (B)位能漸增，而動能漸減 (C)位能漸增，而動能不變 (D)動能、位能皆漸增。答：(C)

類 1.等速上升的熱氣球，其能量變化的情形是 (A)動能增加，位能減少 (B)動能減少，位能增加 (C)動能增加，位能不變 (D)動能不變，位能增加。答：(D)

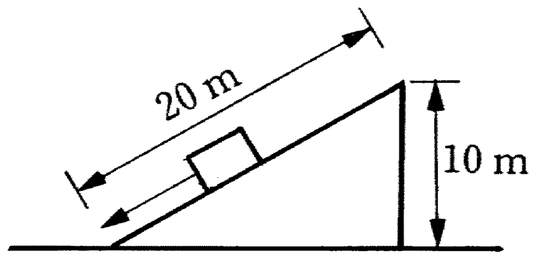
類 2.以等速度向上提高的物體 (A)動能漸增 (B)位能漸增 (C)動能不變 (D)動能、位能皆漸增 (E)力學能不變。【解說】等速向上提，動能不變，但位能增加，力學能增加。答：(B)(C)

類 3.等速下降的氣球所具有能量的變化是 (A)動能增加，位能減少 (B)動能減少，位能減少 (C)動能不變，位能不變 (D)動能不變，位能減少。答：(D)

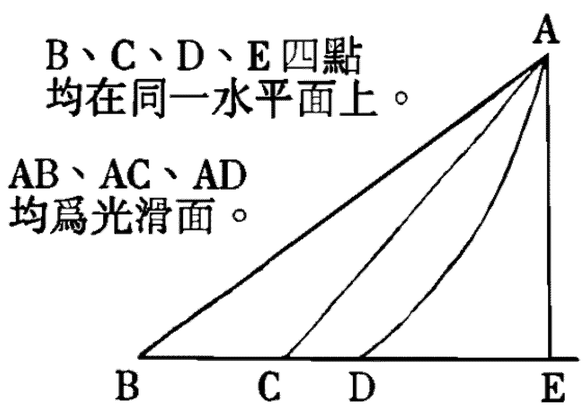
類 4.以等速度垂直向地面落下的物體，其動能____，而位能____。答：不變；減少

＊斜面

例 19.質量 2 公斤的木塊，由光滑斜面頂自由滑下，如附圖所示，若 g＝10m/s^2，則木塊滑至斜面底部時，獲得的動能為若干焦耳？ (A)20 (B)200 (C)40 (D)400 (E)8 焦耳。答：(B)



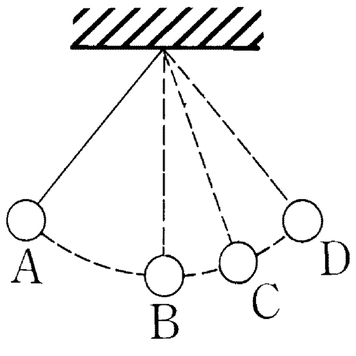
類 1.一物體初速爲零，自右圖的 A 點沿光滑的斜面 AB 滑下，其在 B 點的速率爲 5 公尺/秒，則沿 AC 和 AD 滑下，以及沿 AE 自由落下，其在 C、D 和 E 點的速率分別爲(以公尺/秒爲單位)： (A)5，6，7 (B)4，3，2 (C)6，2，3 (D)5，5，5。【解說】因重力位能損失增加動能，位能相同，增加的動能也相同，最後之速率也相同。答：(D)



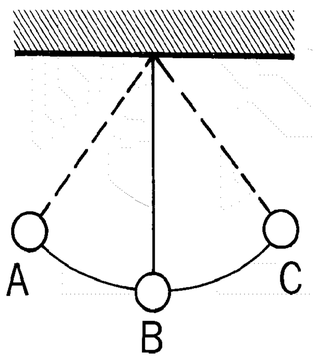
例 20.一個球從一光滑斜面上滾下，另有一木塊從同一光滑斜面上滑下來，到斜面下端時 (A)球的速度較快 (B)木塊速度較快 (C)球與木塊的速度大小，要視其質量而定 (D)球與木塊速度相等。【解說】球的位能=最底點的滾動動能+滑動動能，木塊位能=最底點的滑動動能。可見，木塊之滑動動能較大，即速度大。答：(B)

＊單擺

例 21.如附圖，一單擺在位置 A 與 D 之間來回擺動，B 為擺動的最低點，若不計空氣阻力，則下列敘述，何項正確？ (A)在 A 時擺錘動能最小，位能最大 (B)在 B 時擺錘動能最大，位能最小 (C)不計摩擦，由 A 擺至 B 時，擺錘位能的損失，完全轉變為動能 (D)在 B 時擺錘速率最大，故力學能總和比在 A 時為大 (E)在最高點，擺錘力學能最大。答：(A)(B)(C)

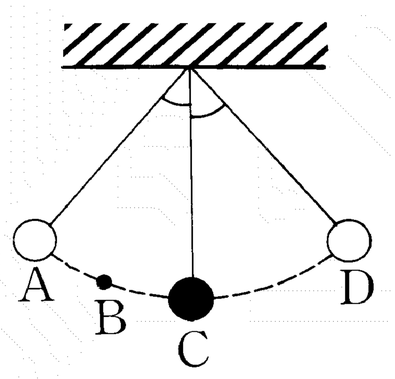


類 1.如附圖，單擺在 A、C 間往復擺動，不計空氣阻力，若將擺錘與地球視爲一系統，則 (A)重力對系統而言爲內力，故不對擺錘作功 (B)此系統所受外力和爲 0 (C)此系統所受外力不爲 0，但外力對此系統所作的功爲 0 (D)因有外力作用於此系統，故系統力學能並不守恆 (E)因無外力作用於此系統，故系統力學能守恆系統。答：(B)(E)

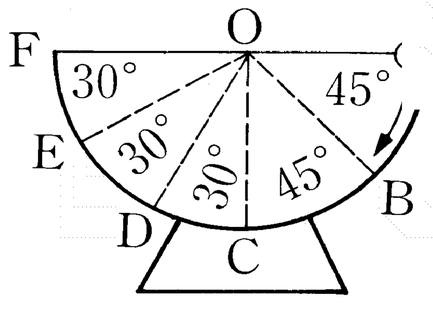


類 2.單擺擺動之有關敘述，不計阻力則下列何者正確？ (A)最高點時動能最大，位能最小 (B)最低點時動能最大，位能最小 (C)最高點時動能與位能均大 (D)最低點時動能與位能均最小 (E)任何一點，其力學能均爲定值。答：(B)(E)

例 22.單擺在 A、D 間往返運動，如在 A 點的重力位能爲 10 焦耳，在 B 點的動能爲 4 焦耳，則(1)在 B 點之重力位能爲多少焦耳？答：6



類 3.附圖爲力學能實驗的一簡單裝置，將一小鋼球放在半圓形碗壁，使小鋼球自碗口 A 點沿箭頭方向自由下滑，若不計摩擦力，小鋼珠在 (A) B (B) C (C) D (D) E 處的動能最大。答：(B)



類 4.選出正確的敘述？ (A)小球由碗沿滾下時，動能減少，位能增大 (B)氣球在空中上昇，符合力學能守恆定律 (C)力學能包含動能及熱能 (D)盪鞦韆時，在最高點沒有動能。【解說】鞦韆到最高點位能最大，動能爲零。答：(D)

三、熱能

1.熱能：氣體分子運動之動能或紅外線類之熱輻射線。

2.焦耳實驗：將功轉換成熱能之實驗。並驗證，熱功當量 **J(**即 **4.18** 焦耳之功可生 **1** 卡之熱量**)**。

1)實驗中之重錘須緩緩下落以免有動能之增加。

(2)2 個重錐之重力位能損失轉變為水攪動葉片之動能，再轉變為水溫昇高之熱能。

(3)證實：功可完全轉變為熱，即功與所生之熱成正比，其比值稱熱功當量。

Wc￡**H** 或 **W=**即 **J=4.187i**。**ume/cam**

3.作功可完全轉變為熱，但熱不可能完全轉變為功，即熱與功不可逆。

＊焦爾實驗

例 23.將裝水的隔熱容器搖動一段時間後放置，等到器內水完全停止下來，下列事實那些是對的？ (A)容器中水分子的平均動能為零 (B)水的溫度昇高 (C)對容器所作的功變為熱能 (D)水分子之總數增加 (E)水分子停止撞擊器壁。【大學聯考題】【解說】搖動容器之動能轉變為水分子動能即溫度昇高。答：(B)(C)

類 1.下列有關「焦耳實驗」的敘述，何者正確？ (A)證明「熱」是能量的一種形式 (B)證明「力學能」可以轉換爲「熱能」 (C)消耗一定量的「熱」可以產生一定量的「力學能」 (D)必須在絕熱良好的環境下做此實驗 (E)重錘減少的力學能與容器系統溫度升高所需的熱量之比值爲定值。答：(A)(B)(E)

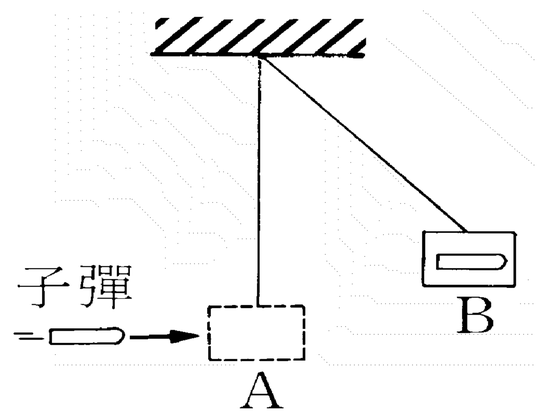
類 2.焦耳「熱功當量」實驗，須控制重錘緩慢下落之目的爲 (A)保持一定的動能 (B)勢能之損失不計 (C)重錘之動能可不計 (D)熱能較不會散失。答：(C)

類 3. 1 卡 =_____焦耳稱爲熱功當量。答：4.18

＊力學能與熱能的轉換

例 24.子彈射入一懸掛的砂袋中 (A)子彈與砂摩擦而放出熱量 (B)砂袋因此搖盪與空氣摩擦而能量損耗 (C)砂袋升高而位能增大 (D)子彈及砂袋系統能量不滅 (E)子彈動能轉變為位能和熱能。【解說】因有熱能之產生，故力學能不守恆。答：(A)(B)(C)(E)

類 1.見附圖，若子彈射中木塊，且停留在木塊中，使木塊盪高到最大高度之瞬間，子彈原有的動能變成 (A)彈力位能 (B)重力位能 (C)熱能及重力位能 (D)化學能。【解說】子彈在木塊內部會摩擦生熱。答：(C)



類 2.兩物體相碰撞，力學能大致守恆，但若考慮到其他因素影響，能量還會有些散逸，這些能量散逸的形式有那些？ (A)熱能 (B)光能 (C)聲能 (D)磁能 (E)核能。【解說】碰撞時有些有聲光熱之能量散失。答：(A)(B)(C)

例 25.焦耳實驗中，總質量為 6kg 的重物由高度 5m 處下降，旋轉槳輪攪動 0.6kg 的水，水溫最初為 15℃，則其溫度昇高多少？答：0.117℃

類 3.一塊 0℃的冰塊由高處掉到 0℃的水中，掉入水中後，冰塊因此而完全熔化成 0℃的水。冰

塊由多高處落下？ (A) $\frac{8\times4.2}{9.8}\times10^4$ (B) $\frac{8}{9.8\times4.2}\times10^4$ (C) $\frac{8}{9.8\times4.2}\times10$ (D) $\frac{8\times9.8}{4.2}\times10$ (E) $\frac{8\times4.2}{9.8}\times10$ 公尺。答：(A)

類 4.一瀑布高爲 420 米，假設水落至瀑布底時的動能全部變成熱能，則瀑布底及頂點的水溫相差若干？【大學聯考題】答：0.98℃

類 5.一塊 10 公斤的石塊由 20 公尺高處自由落地，碰撞時最多可生熱多少 cal？(g=9.8 m/s^2) (A)234.5 (B)470.4 (C)117.3 (D)1360 cal。【大學甄選試題】答：(B)

例 26.(1)「東方特快車」的郭泰源將一顆 500 公克的棒球，以時速 144 公里的速率投出，則此棒球獲得的動能為_____焦耳。
(2)承上題，若棒球的動能全部轉換成熱能，則約可熔化_____克的冰。(已知冰的熔化熱為 80 卡/克；1 卡＝4.18 焦耳) 答：(1)400；(2)1.2

類 6.一公斤的鐵錘，以 50 公尺/秒的速度敲擊放在地上重 200 克的鐵塊。假設有一半的力學能變爲鐵塊的熱能，求此鐵塊溫度增加若干？(鐵的比熱爲 0.113 $cal/g°C$)答：6.6℃

四、其他能量&能量守恆

2.能量大體可歸類為力學能、熱能、輻射能、電磁能、化學能、核能等。

5.電磁能：指帶電體閑之能量或電流或電磁感應所具有之能量。

6.化學能：分子間能量或原子間或原子內質子與電子間的電力位能，動能等。

7.輻射能：指電磁波之能量或核分裂所釋出射線之能量。光能也是輻射能的一部分

08.核能：核分裂或熔合時質量減損以能量形式釋放出來稱之

13.能量雖形式各不相同，但可互相轉換，如電能可轉換成熱(電熱器)，電能可轉換成光能(日光燈)，電能可轉換成動能(電動機)，熱可轉變成動能(蒸汽機)，輻射能可轉變為化學能(植物光合作用)，化學能可轉變為熱能(燃燒)，化學能可轉變為電能(電池)，核能可以發電(核電廠)。凡此種種，不勝枚舉。

14.由於有摩擦之存在，使所生之熱能散逸於外，也有以聲光形式散失，這是能量再轉換過程時無法可逆原因。

15.能量守恆定律：能量不會無中生有，也不會自行消失，只是由一種形態變成另一種形態。也就是宇宙間的總能量是一定的。

例 27.下列敘述何者正確？ (A)宇宙中所有能量之總和是一定值 (B)宇宙中的能量是無限的 (C)能量可以創生也可以消失 (D)能量可等值互換。答：(A)(D)

類 1.下列敘述何者正確？ (A)任何能量均可直接轉成位能 (B)位能只會減少，不會增加 (C)宇宙位能的總和爲一定值 (D)化學能是分子內部的一種位能。答：(D)

類 2.有關能的形式，下列敘述何者正確？ (A)聲波可看成一種電磁能 (B)原子彈爆炸放出的能是由核能轉換出來 (C)輻射能可看成是一種電磁波所攜帶之電磁能 (D)任何熱的東西都可放出輻射能 (E)光是一種電磁波。答：(B)(C)(D)(E)

類 3.下面有關各種形態的能量相互轉換的敘述中，哪一項是錯誤？ (A)家庭瓦斯爐將化學能轉換爲熱能 (B)水力發電機將力學能轉換成電能 (C)飛機噴射引擎將電能轉換成力學能 (D)光合作用將光能轉換成化學能 (E)太陽電池將光能轉換成電能。答：(C) 【大學甄選試題】

類 4.下列有關能量轉換的敘述，何者正確？ (A)腳踏車煞車：動能→熱能 (B)太陽能電子計算機：光能→電能 (C)電燈發光：電能→光能及熱能 (D)電扇：電能→動能 (E)光合作用：化學能→光能。【解說】在(E)應是光能變成化學能。答：(A)(B)(C)(D)

類 5.產生能量之方式，種類頗多其最佳者是利用？ (A)化學反應 (B)物態變換 (C)光反應 (D)原子能。答：(D)

例 28.依愛因斯坦(Einstein)的相對論結果，1 克的質量完全轉換成能量時，可以得到_____焦耳的熱能。(光速＝3×10^{8} m/s) 答：9×10^{13}

類 6.下列何者爲輻射能？ (A)無線電波 (B)微波 (C)X 光波 (D)紫光 (E)紫外光。【解說】電磁波即爲輻射能。答：(A)(B)(C)(D)(E)

類 7.常見的能量可分爲：(A)動能(B)位能(C)電能(D)化學能(E)熱能(F)輻射能(G)核能。試根據以上的分類，指出下列各題的答案

(1)太陽的巨大能量，基本來源是_____。

(2)一個白熾燈泡，同時放出哪兩種能？_____。

(3)動能及_____合稱力學能。

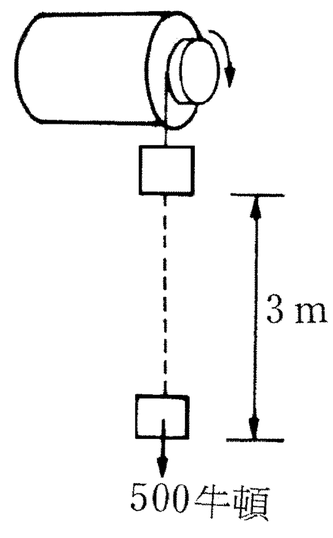
(4)馬達主要作用是把電能轉成_____。

(5)試依序寫出，核能發電時，能量的轉換過程答：(1)G；(2)EF；(3)B；(4)A；(5)(G)(E)(A)(C)

類 8.以 C 代表化學能，h 代表熱能，e 代表電能，P 代表重力位能，m 代表動能；則火力發電時能量轉換的順序是 (A)Chme (B)Chpme (C)hme (D)Ce。【大學甄選試題】【解說】煤或油的化學能轉變爲熱機之熱能變動能再轉動電樞發電變成電能。答：(A)

例 29.(1)如附圖所示，一個馬達將一個 500 牛頓的重物上拉 3 公尺，則馬達對重物所作之功為_____焦耳。

(2)承上題，若馬達的端電壓為 120 伏特，作功費時 10 秒，則通過馬達的電流為_____安培。(不計摩擦及產熱) 答：(1)1500；(2)1.25



7-2 核能

一、原子

1.原子的構成

(1)核子：原子核內只有帶正電的質子與不帶電的中子，統稱為核子。

(2)電子：原子核外有繞原子核旋轉的電子，且帶負電的電子數與質子的數目相等。

(3)原子核的表示法：$^{A}_{Z}X$；原子序**(Z)**即為質子或核外電子的數目，質量數**(A)**即為質子與中子的數目和。

2.同位素：在週期表中佔同一位置的元素，稱為同位素。

(1)相同點：質子數相同、原子序相同、化學性質相同。

(2)相異點：中子數不同、質量數不同、物理性質不同。

(3)例如：$^{1}_{1}H$ **(氫)**、$^{2}_{1}H$ **(氘)**、$^{3}_{1}H$ **(氚)**與 $^{235}_{92}U$ 、$^{238}_{92}U$ 。

二、核反應

在原子核反應中，必須遵守質量數與電荷數守恆。

1.天然衰變

(1)衰變：一個不穩定的原子核，常會放射出一些粒子後，成為另一種原子核，此過程稱為原子核衰變，此原子稱為放射性元素。如鐳、鈤等。

(2)放射線的種類：放射性元素的放射線總共有三種。

放射線	α	β	γ
本體	氦原子核 ${}^{4}_{2}He^{+2}$	電子 e^{-1}	電磁波
電荷	**+2e**	**-e**	不帶電
速度	$\frac{C}{10}$	$\frac{2C}{5}$	C
游離氣體能力	最強	其次	最弱
穿透能力	最弱，一張紙可阻擋	其次，**2mm** 鉛板可阻擋	最強，可穿透 **1cm** 鉛板

(3)這些放射線**(**輻射**)**，連同 **X** 光都可使原子核外的電子游離，稱為游離輻射

2.核分裂：

(1)核分裂：有些質量重的原子核並不安定，當受到外來粒子的撞擊時，會分裂成幾個質量較輕的原子核，稱為核分裂。

(2)原子核反應方程式：以慢中子撞擊 ${}^{235}_{92}U$ **(**鈾**-235)**原子核，引起原子核分裂。

$${}^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}U \rightarrow {}^{138}_{56}Ba + {}^{95}_{36}Kr + 3{}^{1}_{0}n + \text{能量}$$

3.核融合：

(1)核融合：兩個較輕的原子核在高溫下，可以融合成一個較重的原子核，稱為核融合。

(2)原子核反應方程式：以 α 粒子撞擊鈹，證實中子存在的理論。

4.核能：

(1)核能的釋放：核分裂和核融合皆因反應後的總質量較反應前減少而釋放出巨大的核能。

(2)公式：$E = \Delta m \cdot C^2$

式中 **E** 為能量，Δm 為反應前後損失的質量，**C** 為光速。

(3)大小：一克質量的減少，可產生 9×10^{13} 焦耳的能量，相當於二千五百萬度的電能，可提供約三千五百戶普通住家全年的電力消費。

三、核能發電

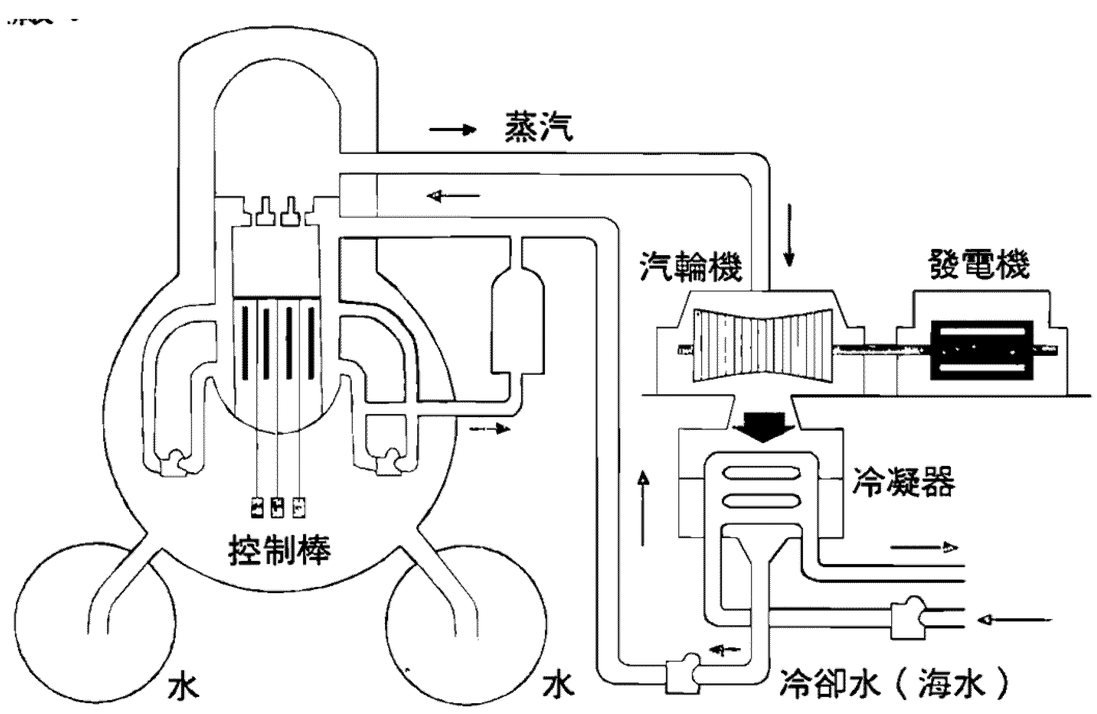
1.核能發電

(1)燃料鈾：天然鈾礦中含有 **99.3%**的鈾**-238** 和 **0.7%**的鈾**-235**。核電廠使用的鈾燃料必須先經精煉濃縮，使鈾**-235** 的濃度達到約 **3%**，才能使核分裂有效地進行。

(2)連鎖反應：鈾**-235** 原子核受到中子撞擊時，容易分裂，並且產生二個以上的中子。這些中子繼續撞擊分裂其他的鈾**-235** 原子核，造成連鎖反應**(**或稱鏈式反應**)**。

(3)控制反應速率：核反應爐內，有可吸收中子的控制棒，在連鎖反應時，控制中子的數目即可控制反應的速率。

(4)核能電廠：右圖為我國核一廠及核二



圖：我國核一、核二的發電流程圖

廠的構造。

2.核融合方式進行發電：

(1)核融合：將「氘」**(**或稱重氫**)**和「氚」的原子核，拘束在一很小的區域裡，加熱至約攝氏四千萬度，則融合成氦原子核，並產生一個中子，同時釋放出核能。

(2)核融合的優點：

①核融合反應不會產生具有危險性的輻射性產物。

②原料取得不虞匱乏，海水中每 **6700** 個氫原子中，便有一個重氫原子；氚的含量雖然稀少，但可由核融合放出的中子撞擊鋰而取得。

(3)至今從核融合反應爐中輸出的能量仍然低於維持其運轉所須輸入的能量，因此離開實用的階段還有一段距離。

四、輻射安全

1.輻射對人體的破壞：游離輻射照射人體時，會破壞體內的細胞，造成傷害。

2.輻射劑量：人體所受的輻射劑量的國際單位稱為西弗**(Sv)**，常用單位為毫西弗**(**$\frac{1}{1000}$ 西弗**)**。

3.輻射對人體的應用：低能量的輻射可用於治療癌症。身體各部分的細胞對於較小劑量的輻射傷害，具有自行修復的能力，但不同組織的細胞有不同的忍受力。

(1)農業方面的應用：利用輻射照射可促進馬鈴薯的成長，化汙泥為肥料，殺死害蟲等。

(2)醫學的診斷與應用：利用放射性同位素作成試劑，讓患者口服或注射到人體，利用掃描儀器，可顯示內臟器官的影像，判斷所患的疾病。如用微量的碘化納，了解甲狀腺的機能。

(3)疾病的治療：鈷 **60** 所產生的輻射線 γ 來治療癌症。

※同位素

例 30.有關同一元素的同位素，下列敘述何者正確？ (A)因質子數相同，化學性質相同 (B)原子核內的質量數相同，電子數不同 (C)原子核內的中子數相同，質子數不同 (D)在自然界中氫只有二種同位素存在 (E)在自然界中鈾-235 及鈾-238 為鈾元素的主要同位素，但鈾-235 僅佔極少量。答：(A)(D)(E)

類 1.下列敘述何者正確？ (A)同位素之質量數不同 (B)同位素之中子數不同 (C)同位素之原子序不同 (D)同位素之原子量不同 (E)同位素之物理性質不同。答：(A)(B)()D)(E)

※原子序**&**質量數

例 31.已知鈉(Na)的原子序是 11，質量數是 23，則一個中性的鈉原子中的中子數和質子數應該是多少？(1)中子數 (A)11 (B)12 (C)23 (D)34

(2)質子數 (A)11 (B)12 (C)23 (D)340【85.甄試】答：(A)(B)

類 1.鈷六十(原子序 27)可作放射性治療用，下列有關鈷六十的原子結構，何者正確？ (A)^{60}Co 有 27 個電子 (B)^{60}Co 有 60 個中子 (C)^{60}Co 有 30 個中子 (D)^{60}Co 有 33 個質子。【84 日大】答：(A)【解說】原子序 27 表示中性原子有 27 個電子，其原子核有 27 個質子，它中子數爲 60-27=33 個。

※α、β、γ 射線

例 32.下列有關 α、β、γ 射線的敘述，何者正確？ (A)α 射線的本質是電子 (B)β 射線的本質是電磁波 (C)γ 射線的運動會受到電力的影響 (D)α 本身為電中性 (E)γ 射線運動的速度與光速相同。答：(E)

類 1.下列有關放射性的敘述何者正確？ (A)α 粒子是一種氫原子 (B)β 粒子電性與電子相同 (C)γ 射線是一種高能量的粒子束 (D)γ 射線會受電場與磁場的作用而偏向。答：(B)

類 2.一般放射性元素能放出何種射線以殺死癌細胞？ (A)紅外線 (B)α 射線 (C)β 射線 (D)γ 射線。【評量試題】【解說】γ 射線穿透太強，可殺死癌細胞。答：(D)

※核衰變

例 33.從 $^{238}_{92}U$ 蛻變 $^{206}_{82}Pb$ 是天然放射性蛻變系列之一，此系列總共經過幾個 α 衰變？幾個 β^- 衰變？($\alpha=^{4}_{2}He^{2+}$；β^- 即電子) (A)8α，6β^- (B)8α，8β^- (C)10α，8β^- (D)10α，10β^-。【87.甄試】答：(A)

類 1.一 $^{238}_{92}U$ 原子核衰變成 $^{214}_{82}Pb$ 原子核，途中產生的 α 衰變和 β 衰變的次數分別以 m，n 表示，則(m，n)=？答：(6，2)

類 2.在鈾礦中往往同時存在氦氣，這是因爲鈾的： (A)β 衰變 (B)α 衰變 (C)γ 衰變 (D)核融合。【教育部抽測試題】【解說】氦氣的原子核是 α 粒子。事實上是鈾放射 α 粒子，再獲取 2 個電子變成氦氣。答：(B)

類 3.若 $^{238}_{92}U$ 的原子核放射出一個 α 粒子，則剩留的原子核內會含有幾個質子？ (A)237 (B)236 (C)146 (D)91 (E)90【90 學科能力】【解說】因 α 爲二個質子，二個中子，而 U 有 92 個質子，則剩下之核有 90 個質子。答：(E)

※核分裂

例 34.拉塞福在 1919 年以 α 粒子($^{4}_{2}He$)撞擊氮原子核($^{14}_{7}N$)，產生核反應。若該反應產生的兩種粒子，有一為氧原子核($^{17}_{8}O$)，則另一粒子為何？ (A)電子 (B)中子 (C)質子 (D)α 粒子 (E)鈹原子核($^{9}_{4}Be$)。【88.甄試】答：(C)

類 1.以 α 粒子撞擊氮原子核 $^{14}_{7}N$，其核反應可用下式表示(α 是 $^{4}_{2}He$；p 是質子)：$\alpha+^{14}_{7}N \rightarrow O+p$，則產生的氧原子核是下列的那一種？ (A)$^{15}_{8}O$ (B)$^{16}_{8}O$ (C)$^{17}_{8}O$ (D)$^{18}_{8}O$ (E)$^{19}_{8}O$。【89 學科能力】

類 2.試完成下列核反應：

(1) $^{24}_{12}Mg+^{2}_{1}H \rightarrow ^{22}_{11}Na+$ _____。答：$^{4}_{2}He$

(2) $^{27}_{13}Al+^{1}_{0}n \rightarrow ^{24}_{11}Na+$ _____。答：$^{4}_{2}He$

(3) $^{4}_{2}He+^{9}_{4}Be \rightarrow ^{12}_{6}C+$ _____。答：$^{1}_{0}n$【解說】由原子序守恆(核中電荷數守恆)，與質量數守恆，計算之。

例 35.在右邊的核反應式：$^{1}_{0}n+^{X}_{92}U \rightarrow ^{138}_{56}Ba+^{95}_{Y}Kr+3^{1}_{0}n+$ 能量 中，式中的係數 X+Y 之值為 (A)231 (B)260 (C)271 (D)280。答：(C)

類 3.在右邊的核反應：${}_{0}^{1}n+{}_{92}^{238}U \rightarrow X \rightarrow {}_{-1}^{0}\beta + Y +$能量中，X、Y 分別為 (A)${}_{92}^{239}U$、${}_{93}^{238}Np$ (B)${}_{92}^{237}U$、${}_{93}^{238}Np$ (C)${}_{92}^{239}U$、${}_{93}^{239}Np$ (D)${}_{92}^{237}U$、${}_{93}^{237}Np$。答：(C)

類 4.在下列質子撞擊氮核之反應中：${}^{1}P+{}^{15}N \rightarrow X+{}^{4}He$ 所產生的 X 原子核為？(請寫出元素符號，原子序及質量數)【84 日大】答：${}_{6}^{12}C$【解說】N 質量數 15，原子序 7，He 質量數 4，原子序 2，p(看成氫核)質量數 1，原子序 1。由左右的質量數相等，X 的質量數 12，由左右的原子序相等，X 的原子序為 6，為碳 C。

※ $E = \Delta m \cdot C^2$

例 36.核能電廠的核反應器內由於不斷的進行核反應，結果核燃料減少了 1 公克的質量。假設減少的質量全部轉換成電能，則可產生多少度的電能？ (A)8.3×10^{4} (B)2.5×10^{7} (C)2.5×10^{10} (D)9×10^{13} (E)9×10^{16}【89.學科能力】答：(B)

類 1.有一核反應，反應的結果消失了 0.01 克的質量，試問產生了多大的能量？ (A)9×10^{14} (B)9×10^{13} (C)9×10^{12} (D)9×10^{11} 焦耳。答：(D)

類 2.某一核反應，反應結果消失了 0.5g 的質量，試求產生多少焦耳的能量？ (A)9×10^{12} (B)18×10^{12} (C)36×10^{12} (D)45×10^{12}。答：(D)

類 3.有座 0℃之冰山10^{5}公噸，今要將其熔成 0℃水，以核分裂釋出能量，須滅損質量若干？答：0.373 克

例 37.以一個α粒子撞擊鈹產生核反應。它們的質量：${}_{2}^{4}He$ 為 4.0026a.m.u.，${}_{4}^{9}Be$ 為 9.0122a.m.u.，${}_{6}^{12}C$ 為 12.0000a.m.u.，中子 ${}_{0}^{1}n$ 為 1.0087a.m.u.，則反應後 ${}_{6}^{12}C$ 與中子 ${}_{0}^{1}n$ 之動能和比α粒子之入射動能約多出 (A)10^{-18} 焦耳 (B)10^{-12} 焦耳 (C)10^{-8} 焦耳 (D)10^{4} 焦耳 (E)10^{11} 焦耳。(1a.m.u.=1.66×10^{-27} 公斤)。答：(B)

類 4.已知質子、中子及 $^{4}_{2}He$ 核之質量依次為 a、b、c 克/莫耳，依據 $2^{1}_{1}H+2^{1}_{0}n\rightarrow^{4}_{2}He$ ，試求由質子和中子結合成 1 莫耳 $^{4}_{2}He$ 核時，應放出若干仟焦的能量？答：$(2a+2b-c)\times 9\times 10^{13}$ 仟焦

類 5.原子彈爆發可產生的能量主要是由於 (A)消失了相當部份的質量 (B)分裂的原子發生燃燒 (C)放出大量的高速中子 (D)發生激烈的化學反應 (E)產生蕈狀雲。答：(A)

類 6.對核反應而言，下列敘述何者正確？ (A)滿足質量守恆 (B)滿足動能守恆 (C)滿足力學能守恆 (D)滿足質能守恆。答：(D)

※核能發電

例 38.一般核能電廠利用鈾同位素之核分裂產生之能量來發電。下列有關此核反應之敘述，何者正確？(A)所使用的鈾同位素為 $^{235}_{92}U$ (B)所使用的鈾同位素需受到質子的撞擊才能分裂 (C)此核分裂反應中，反應物之質量大於生成物之質量 (D)所使用的鈾同位素，每一莫耳分裂後所產生之能量，大約為燃燒一莫耳的碳所產生熱能的一萬倍 (E)此核分裂所放出的能量，主要來自分裂前後參與反應或所產生原子之電子組態之大幅改變。【85 年大學】【解說】在(B)是受到中子的撞擊。在(D)應為一百萬倍。在(E)應是質量減損轉變為能量。答：(A)(C)

類 1.核電廠以鈾 235 為燃料，以慢中子促使其分裂，利用這種核分裂反應所釋出的能量來發電。有關反應事件的敘述，何者錯誤？ (A)原子經過核分裂反應，反應前後的原子種類改變了 (B)有的反應生成物，帶有很強的輻射性 (C)比起煤或石油來，核燃料只以很少的質量就可產生很大的能量 (D)這種反應生成物的輻射性，經過低溫冷凍處理即可清除。【84 甄試】答：(D)【解說】輻射性不受溫度之影響。

類 2.有關核能之下列各項敘述中何者為正確？ (A) $^{238}_{92}U$ 與中子撞擊後可產生核分裂之連鎖反應 (B) $^{239}_{94}Pu$ 可由 $^{235}_{92}U$ 與中子撞擊後連續放出二個 β 粒子後即可獲得 (C)核融合是由較輕之核融合而成較重之核的反應，且必需在極高溫下進行 (D)氘核融合可得氦核，並放出巨大能量 (E)核能的釋放不一定涉及反應中核子質量的耗損。【大學聯考試題】【解說】在(A)應為 $^{235}_{92}U$ 。在(B)應為 $^{238}_{92}U$ 。在(E)應有質量耗損轉變為能量。答：(C)(D)

例 39.現行核能發電之技術，包含下列那些物理過程？ (A)原子核分裂 (B)原子核融合 (C)熱能轉換成機械能 (D)核能轉換成熱能 (E)利用電磁感應發電。【大學聯考題】【解說】它是核分裂→核能→熱能→機械能→利用電磁感應發電。答：(A)(C)(D)(E)

類 3.若以 m 代表動能，e 代表電能，h 代表熱能，n 代表核能，則核能發電廠中，能量轉換的順序是(A)n→e (B)m→n→h→e (C)n→h→m→e (D)n→m→e。【解說】它是核能 n→熱能 h→動能 m→電能 e。答：(C)

類 4.簡單說明核能發電所涉及的能量轉換過程。答：分裂產物的核能→水的熱能→渦輪發電機的動能→電能。

類 5.關於核能發電，下列敘述何者正確？ (A)核反應時損失的質量轉化成能量用以發電 (B)收集原子核放射之電荷用以發電 (C)核反應時，原子外圍之電子全部釋出，收集後用以發電 (D)收集原子核中之中子動能加以發電。【83.甄試】答：(A)【解說】核能是質量損失轉變成能量。

類 6.核能發電廠運轉時，下列何種問題可以不必考慮？ (A)反應器熔化的可能性 (B)放射廢料的儲存及外洩 (C)熱公害 (D)核爆炸的可能性。答：(D)

類 7.下列何項反應為核分裂？ (A)水變為水蒸氣 (B)氫變為氫原子 (C)氫變為氦 (D)鈾 235 被中子撞擊分成二個其他原子核和三個中子。【解說】在(C)為核熔合，在(D)才是核分裂。答：(D)

※核融合

例 40.下列何者為核融合反應的優點？ (A)融合時放出的能量較分裂為多 (B)所生的氦沒有放射性，危險性小 (C)所需的原料，氘可從海水中提取，經濟而豐富 (D)在低溫下方可進行控制，方便。答：(A)(B)(C)

類 1.有關原子能的利用，下列何者敘述正確？ (A)可以利用核分裂 (B)可以利用核融合 (C)核分

裂產生的能量比核融合為小 (D)符合 $\Delta E = mc^2$ 的質能互換公式 (E)核融合的產物亦為放射性物質。答：(A)(B)(C)(D)

類 2.下列敘述何者正確？ (A)在常溫下，核分裂不可能由慢中子引發 (B)核融合需於極高溫下方可發生 (C)核分裂和核融合所放出的能量幾乎相等 (D)核分裂放出的能量較多 (E)核分裂放出的能量較少。答：(B)(E)

※輻射安全

例 41.如何減低或避免輻射的危害？ (A)應盡可能減少輻射的來源 (B)用屏障將放射源阻隔 (C)若因實驗或工作的需要而必須接觸放射性物質時，則應保持適當的安全距離 (D)縮短曝露的時間(E)穿戴防護衣物，以降低輻射的影響程度。答：(A)(B)(C)(D)(E)

下列那一項敘述是錯誤的？ (A)地球上“可利用的能源”，愈來愈少 (B)潮汐、風力、地熱也可用來發電 (C)每人每日由核能發電廠所吸收的輻射量遠比其吸收宇宙射線的輻射量要少 (D)在核分裂發生時，質量是守恆的。【解說】在(D)會有質量損失變成能量。答：(D)

7-3 地球的能源

一、地球的能源

1.太陽能的直接應用：

(1)直接用太陽電池(矽晶片)轉變成電能，或以反射鏡聚光轉變成熱能。

(2)太陽能的優點勢不造成污染，所以是一種乾淨的能源，而其缺點則是佔地廣大，裝置與維修費用高昂，只能裝置在日照充足的地方，如沙漠地區。

2.水力發電和風力發電：**(**太陽能的間接利用**)**

(1)來源：太陽能約 **20%**將地表的水蒸發成水蒸氣，形成雲、雨、及空氣的流動

(2)水力發電：其優點是不造成汙染，是乾淨能源的一種；其缺點則是水利資源有限且漸趨飽和、阻斷魚類迴游、及水庫淹沒區破壞原生動物的棲息等。

(3)風力發電：其優點是不生成汙染物，是屬於乾淨能源的一種；其缺點則是僅限於有顯著風力的地域，而風車旋轉產生噪音、及大量設置易破壞自然景觀，目前台灣澎湖七美有風力發電廠。

3.生質能：**(**太陽能的間接利用**)**

(1)來源：太陽能約 **0.06%**的能量用於進行植物成長所需的光合作用。植物體本身、農作物的殘渣、動物牲畜的排泄物等，可經化學處理合成為液體燃料，或經微生物的發酵作用產生沼氣，可用於燃燒產生熱能，這種能量稱為生質能。

(2)主要的生質能能源：利用甘蔗或玉米可轉製成酒精，如巴西利用大量種植甘蔗，產生能源。酒精燃燒雖然會產生二氧化碳，但因大量種植的植物吸收二氧化碳行光合作用而平衡。

(3)缺點：需大面積種植植物，人力及土地成本高。

4.化石燃料**(**包括石油、煤、和天然氣**)**：**(**太陽能的間接利用**)**

(1)來源：動植物死亡後，埋葬在地下，經數百萬年以上的地壓、地熱和細菌引致的化學變化後，累積形成煤、石油、天然氣等化石燃料。

(2)全世界每年消耗的能量約有 **90%**來自於化石能源。

(3)石油和天然氣：目前所有能源中最方便使用的能源，可視需要多少而開採、方便運輸和儲存、以及可直接燃燒而發電，這些是其優點。但是蘊藏量有限、有汙染性、以及因開採速率遠超過其生成速率而接近耗竭，是其主要的缺點。

(4)煤：煤燃燒所產生的汙染比石油和天然氣嚴重得多，近年來工業界致力提升其利用價值。

5.潮汐發電與地熱發電：利用特殊地理條件發電

(1)潮汐發電：潮汐變化時，海水的位能亦隨之變化，潮汐發電是將此項位能轉換成電能，其優點是不造成汙染，是乾淨的能源；其缺點則是需在較大潮差的海岸邊設置，有地域的限制，不靠海的國家便不可能利用潮汐發電。

(2)地熱發電：採用地下的蒸汽來轉動滑輪的發電方式，其優點是不造成汙染，是乾淨的能源；其缺點是需在有可資利用地熱的地方才能設置，有地域的限制。

6.核能：

新一代的快滋生核反應器，利用快中子撞擊鈾**-238** 之原子核，可使其轉化分裂成鈽**-239**，原來廢料的鈽**-239** 再作為核反應的燃料。這使得原先錦礦中含量高達 **99.3%**的鈾**-238** 得以利用。

二、能量的分類

1.再生能源：太陽能、水力、風力、生質能、潮汐等能源在短期內能自行補充，因此能持續供應，被稱為再生能源。

2.非再生能源：核能、地熱、化石燃料等蘊藏量有限，則被稱為非再生能源。

能源種類	優點	缺點
太陽能	可再生能源。	1.受天候不良及夜間無陽光的限制。 2.太陽電池成本高無法大規模使用。
地熱	1.可再生能源。 2.蘊藏量豐富,產量很穩定,不會時有時無。	1.鑿挖深井,技術困難。 2.費用昂貴。
水力	1.可再生能源。 2.兼具防洪、觀光、灌溉等功能。	具有良好天然條件的處所不多。
核能	1.少量核燃料便可產生大量能量。 2.電廠完工營運後,所需成本不高(比石油便宜)。 3.嚴格預防下,不會造成空氣汙染。	1.會產生具危險性的輻射。 2.核廢料具放射線,達數千年之久。 3.在建廠的成本很高。

		4.需嚴格的安全措施。
生質能	1.可再生能源。 2.可降低環境汙染問題。	需大量土地面積才能生長足夠生質能源。
風力	1.乾淨。 2.可再生能源。	1.裝設與維修費用昂貴。 2.風力時有時無,供應不穩定。
波浪	1.乾淨。 2.可再生能源。	1.裝設地點須延伸至外海數公里處。 2.裝設及維護困難,費用昂貴。
化石燃料	1.目前產量最豐富,最容易使用。 2.利用此能源的發電廠容易興建。	1.會造成空氣汙染、酸雨及大氣的溫室效應。 2.不能再生,存量固定,總有一天會用完。

例 42.某地區正午太陽在地球表面照射的強度約為 1000 瓦/公尺^2，假定太陽能吸收板將照射光能轉換成熱能的效率為 30%，而且熱能不會散逸，如果要利用這些熱能將 1 千公升的水在 1 小時內提升攝氏溫度 1 度，則太陽能吸收板的面積需多大？答：$3.9\,m^2$

類 1.太陽能是地球生命的泉源，在一年中由太陽傳到地球的能量約爲1.3×10^{21}仟卡，其中約 34%被大氣層反射回外太空；約有 19%被大氣層吸收，其餘可到遠地面。試計算一年中到達地面的太陽能有多少焦耳？答：2.5×10^{23} Joul

類 2.下列敘述何者錯誤？ (A)維持地球上所有活動的總能源是來自太陽 (B)目前我們實際所使用的能源主要爲水力和化石燃料 (C)由於能源問題的發生，故核能的開發已逐漸重要 (D)目前已能將化學能、電能轉換成機械能來提高效率。答：(D)

類 3.太陽能以哪些型式被儲存起來？ (A)光合作用 (B)水力 (C)石油 (D)煤 (E)風。答：(A)(B)(C)(D)(E)

7-4 能源的有效利用與節約

一、能源危機

1.能量守恆與能源危機：

(1)雖然說能量守恆，但當能量的形式轉換時，總是伴隨有散逸的能量損失。

(2)散逸的能量無法收回再加以利用。因此可供利用的「有用能源」將愈來愈少。

2.能源的消耗量：**1950** 年和 **1990** 年相比，世界總人口成長兩倍，但能源消耗量卻增為四倍。

3.能源的枯竭：依照目前的趨勢，石油只能再使用 **40** 多年、煤 **200** 多年、天然氣 **60** 多年，鈾礦

70 多年。

4.生態環境的破壞：燃燒煤和石油後所排放的氣體，雖然只造成區域性的空氣和環境汙樂，但是可能造成的溫室效應，卻是全球性的災難。

5.聯合國氣候變化綱要公約**(UNFCCC)**：

(1)六種溫室效應氣體：CO_2**(**二氧化碳**)**、CH_4**(**甲烷**)**、N_2O**(**一氧化二氮**)**、HFC_S**(**氫氟碳化合物**)**、PFC_S**(**全氟碳化合物**)**、SF_6**(**六氟化硫**)**。

(2)溫室效應造成原因：人口快速增加、產業活動旺盛、大規模森林砍伐及大量化石燃料都會排出 CO_2，造成地球暖化。

(3)溫室效應影響：海平面上升、低地淹沒、全球氣候變遷、生態系統破壞，社會經濟將遭受重大影響。

二、能源的有效利用

1.能源有效利用與節約的例子：

(1)改善一般用具或工業設備的設計：將 **60W** 的白熾燈泡更換為 **15W** 日光燈泡，不但同樣光亮，而且大為省電，使用壽命增為 **6** 倍。裝設有電子安定器的日光燈較傳統安定器省電 **30%**，而功率較高的日光燈其效率亦較高，例如 **40W** 單管附安定器的日光燈較 **20W** 雙管的日光燈效率高出 **30%**。

(2)汽車引擎和傳動機件的設計經過不斷的更新改進，使平均每部汽車的耗油量降低了約一半，汽車的廢氣排放量也隨之大為減少，因此減低了都會地區的空氣汙染。

(3)明潭抽蓄水力發電工程，在白天尖峰用電時，放流上池的水發電，而在夜晚離峰用電時，利用其他電廠多餘的電力，將下池的水抽回上池，以供次日發電之用。

(4)汽電共生系統：利用工業生產時的廢熱來產生電能，如水泥工業所排放的大量廢熱，除原用於加熱水泥原料外，仍有許多廢熱排放，因此透過鍋爐將廢熱產生蒸氣，推動發電機。

2.尋找替代能源：

(1)太陽能的直接利用。

(2)核融合能源是最可行的替代能源，其餘如快滋生核分裂反應爐、生質能、地熱、風力發電、潮汐發電、海洋溫差發電等。

(3)這些替代能源所產生的電能，可用於電解水，製造氫氣。氫氣是相當清潔的燃料，電解水的作用相當於把電能轉換成儲存於氫氣中的化學能。氫氣的使用和運輸都很方便，適合取代目前使用的汽油和天然氣。

例 43.物理學上有「能量守恆」的原理，我們也常聽到「能源危機」的議題，那一種觀念才是正確的？(A)「能量守恆」只有在特殊情況下才成立，一般來說，能量愈用愈少，總有用完之時，故有「能源危機」 (B)「能量守恆J表示總能量不會減少，故能量是用不完的。所以「能源危機」只是勸人節省的口號而已 (C)能量在使用中相互轉換，其總值會減少，故有「能源危機」(D)「能量守恆」總是成立的，但是被用來發電、行車的汽油與煤，用過之後變成廢氣和熱能，不易再使用，故有「能源危機」。【83.甄試】【解說】廣義的能量守恆是成立的，但在機械摩擦生熱會逸散於空氣中或輻射之光能散失(如燈光使用)。均難以再收集回來使用。答：(D)

類 1.下列敘述何者正確？ (A)因能量總和永久不變故無所謂能源危機 (B)光合作用可將光能轉換成化學能 (C)汽車引擎可將熱能全部轉換成機械能 (D)各種形式能量均可儲存起來。答：(B)

類 2.科技先進國家為了解決未來能源問題目前正積極研究如何做成一個可控制的核融合反應器，因為核融合反應 (A)所需的原料不虞匱乏 (B)生成物為低放射性物質，不會汙染環境 (C)可產生巨大的能量 (D)以上皆是。答：(D)

類 3.下列何種空氣汙染造成「溫室效應」？ (A)CO (B)NO_2 (C)CO_2 (D)SO_2。答：(C)

類 4.下面有關各種形態的能量相互轉換的敘述中，哪一項是錯誤的？ (A)家庭瓦斯爐將化學能轉換成熱能 (B)水力發電機將力學能轉換成電能 (C)飛機噴射引擎將電能轉換成力學能 (D)光合作用將光能轉換成化學能 (E)太陽能電池將光能轉換成電能。【86.甄試】答：(C)

類 5.下列何項敘述錯誤？ (A)兩種不同型態的能量轉換效率可達 100% (B)化學能是可以儲存的能源 (C)維持地球上所有活動的總能源大部分是來自太陽能 (D)化石燃料是指煤和石油 (E)光能可轉換成為電能。【解說】能量之轉換過程常有逸散，故其效率無法 100%。答：(A)

類 6.下列何種能量可以儲存？ (A)光能 (B)熱能 (C)電能 (D)化學能 (E)彈簧的位能。【解說】光能與熱能均會輻射出去，而靜電位能如兩平行金屬帶電板間可儲存電能(即電容器)。答：(C)(D)(E)

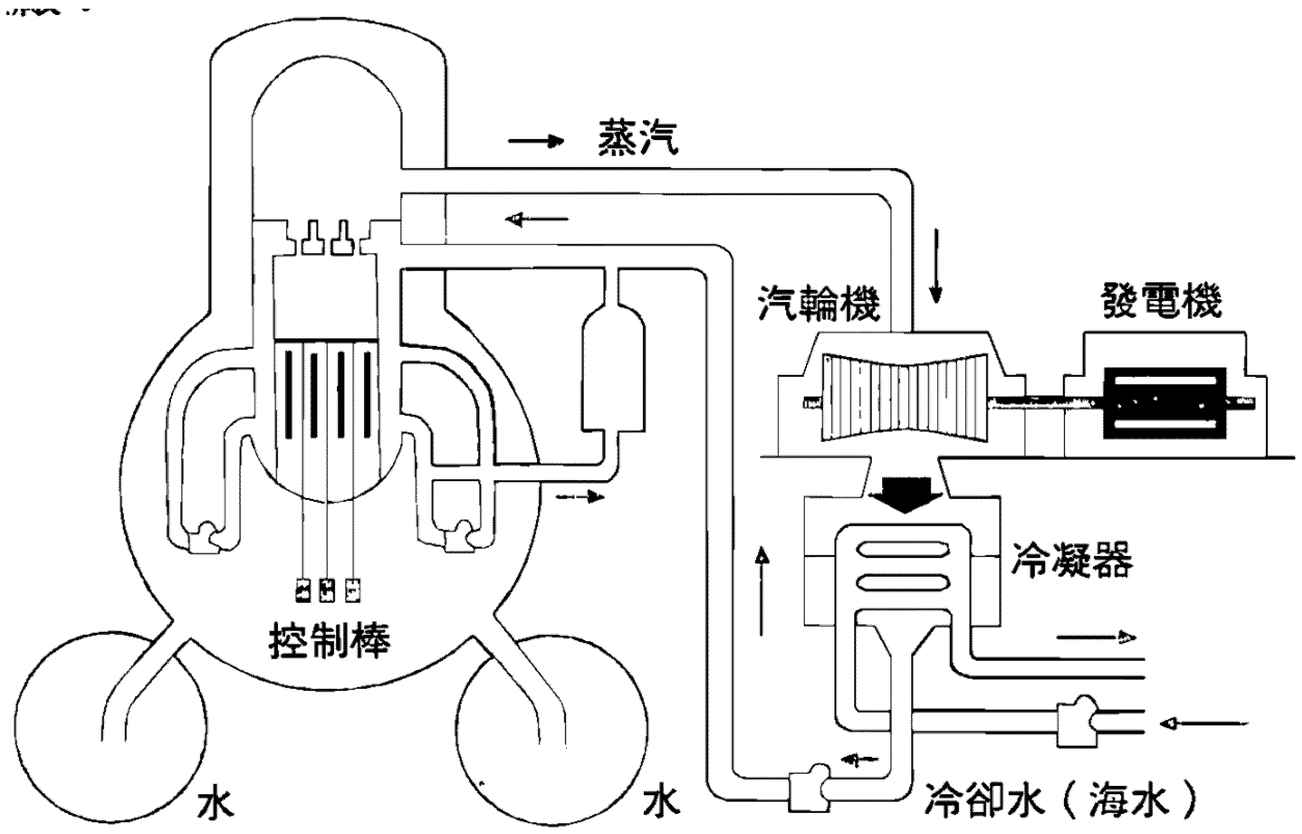
類 7.下列有關能源的敘述，何者錯誤？ (A)原子核反應可分為核分裂與核融合兩種，目前世界運轉中的核能電廠，大部分採用核融合反應 (B)燃燒時煤會釋出化學能 (C)太陽能電池安全又清潔，但轉換能量的效率仍嫌不足 (D)石油及天然氣的主要成分是碳氫化合物。【解說】在(A)目前運轉之核電廠為核分裂。答：(A)

類 8.下列有關能和輻射的敘述，何者錯誤？ (A)宇宙間，“能”可以不同的形式存在而其總值不變 (B)由於各種形式的“能”可以互相轉換，所以自然界中，可利用的能量是不會減少的 (C)核反應時，每耗損 1 公克的物質，就轉換成 9×10^{13} 焦耳的能量 (D)α、β、γ 三種輻射線中，以 γ 射線的穿透力最強。【解說】在(B)可利用的能量是逐漸減少的。答：(B)

基礎物理講義

第七章

能量與生活



圖：我國核一、核二的發電流程圖

_____年 _____班 _____號

姓名：_____

吳錫玠老師 編授