

北北基高級中等學校

114 學年度分科測驗聯合模擬考試

物理考科

請於考試開始鈴響起，在答題卷簽名欄位以正楷簽全名

—作答注意事項—

考試範圍：物理(全)、選修物理 I ~ V、探究與實作

考試時間：80 分鐘

作答方式：

- 選擇題用 2B 鉛筆在「答題卷」上作答；更正時以橡皮擦擦拭，切勿使用修正帶（液）。
- 除題目另有規定外，非選擇題用筆尖較粗之黑色墨水的筆在「答題卷」上作答；更正時，可以使用修正帶（液）。
- 考生須依上述規定劃記或作答，若未依規定而導致答案難以辨識或評閱時，恐將影響成績。
- 答題卷每人一張，不得要求增補。

選擇題計分方式：

- 單選題：每題有 n 個選項，其中只有一個是正確或最適當的選項。各題答對者，得該題的分數；答錯、未作答或劃記多於一個選項者，該題以零分計算。
- 多選題：每題有 n 個選項，其中至少有一個是正確的選項。各題之選項獨立判定，所有選項均答對者，得該題全部的分數；答錯 k 個選項者，得該題 $\frac{n-2k}{n}$ 的分數；但得分低於零分或所有選項均未作答者，該題以零分計算。

祝考試順利



版權所有 · 翻印必究

第壹部分、選擇題（占 66 分）

一、單選題（占 36 分）

說明：第 1. 題至第 12. 題，每題 3 分。

1. 波耳於 1913 年提出氫原子模型定態 (stationary state) 的假設，主張電子處於定態繞原子核轉時，不會釋放電磁波。設當電子處於第 n 定態 ($n=2$) 繞原子核時，角動量為 L ，則普朗克常數 h 可表示為下列何式？

(A) $\frac{\pi L}{4}$

(B) $\frac{\pi L}{2}$

(C) πL

(D) $2\pi L$

(E) $4\pi L$

2. 兩理想電池的電動勢 $\varepsilon_1=15$ 伏特、 $\varepsilon_2=5$ 伏特，連接成如圖 1 所示的電路。已知電阻 $R_1=2.0$ 歐姆、 $R_2=1.8$ 歐姆、 $R_3=2.0$ 歐姆、 $R_4=3.0$ 歐姆。若 P 點的電位為 10 伏特，則 Q 點的電位為多少伏特？

(A) -7

(B) -1

(C) 5

(D) 11

(E) 18

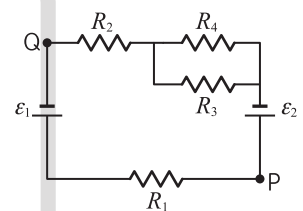


圖 1

3. 「主動式降噪耳機」的原理是利用耳機系統接收外界噪音，經耳機處理器運算後由耳機系統發出聲波，與原噪音產生破壞性干涉以達到降噪效果。假設耳機系統接收到一個頻率為 250 Hz 的正弦波噪音，且處理器會先產生與原噪音同相的聲波，並企圖利用時間差來製造降噪效果，但耳機處理器處理訊號至發出聲波的過程，固定會產生 0.5 ms 的時間延遲。若不計聲波傳播的路徑差異，為了使發出的降噪聲波在耳膜處能達到最理想的破壞性干涉，耳機系統應對此聲波額外進行何種「時間調整」？

(A) 再延遲 0.5 ms

(B) 再延遲 1.5 ms

(C) 提前 0.5 ms

(D) 提前 1.0 ms

(E) 不需調整

4. 無線充電器利用「異物偵測」技術防止因金屬異物造成感應電流過熱而產生危險，其原理是在接收端配置大、小兩組獨立的單匝同心圓線圈（半徑為 $2r$ 與 r ），如圖 2 所示。正常充電時，一均勻磁場 B 垂直穿過平面，其時變率 $\frac{\Delta B}{\Delta t} = k$ (k 為常數)。若兩獨立線圈之感應電流所產生的磁場可忽略不計，則當有異物介入破壞磁場均勻度時，系統會偵測到兩線圈感應電動勢量值之差偏離基準值 $\Delta \epsilon_0$ 以啟動保護機制。試問在磁場均勻的正常情況下，該基準值 $\Delta \epsilon_0$ 應為何？

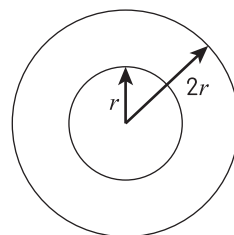


圖 2

- (A) $\pi r^2 k$
- (B) $2\pi r^2 k$
- (C) $3\pi r^2 k$
- (D) $4\pi r^2 k$
- (E) $5\pi r^2 k$

5. 甲、乙、丙為三條相同材料的圓柱形金屬導線，導線的兩端電位差 V 、截面半徑 r 及長度 L 如表 1 所示。假設各導線的溫度相同，且都遵守歐姆定律，則依此表判斷，在該溫度下，流經三條導線上的電流大小順序為何？

表 1

導線標示	甲	乙	丙
電位差 V (V)	2	3	1
截面半徑 r (mm)	1	2	3
長度 L (m)	1	3	2

- (A) 丙 > 乙 > 甲
- (B) 甲 > 丙 > 乙
- (C) 甲 > 乙 > 丙
- (D) 乙 > 丙 > 甲
- (E) 丙 > 甲 > 乙

6. 在某港口中，海浪垂直射向直立的防波堤，海浪與防波堤反射回來的波發生干涉，在垂直防波堤壁面的方向形成駐波。已知防波堤壁面處為駐波的波腹，且距離防波堤 12.0 m 處為觀測到從壁面處數來的第三個波節。若海浪的頻率為 0.5 Hz，則該海浪的波速為多少 m/s？

- (A) 2
- (B) 3.2
- (C) 4.0
- (D) 4.8
- (E) 6.0

7. 已知普朗克常數 h 、真空中光速 c ，某生在做光電效應實驗時，發現當以波長 λ 的光束照射某金屬表面，測得光電子的截止電壓為 V_s 。若改以波長 $\frac{2}{3}\lambda$ 的光束照射同一金屬表面，則測得光電子的截止電壓為 $3V_s$ ，求此金屬的功函數 W 為何？

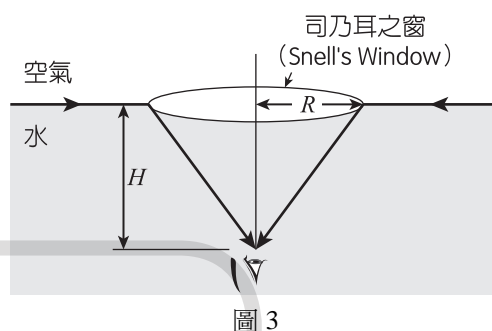
- (A) $\frac{hc}{2\lambda}$ (B) $\frac{3hc}{2\lambda}$ (C) $\frac{hc}{\lambda}$
(D) $\frac{2hc}{\lambda}$ (E) $\frac{3hc}{4\lambda}$

8. 如圖 3，一位潛水員在清澈的湖泊中仰望水面，發現水面上方的景物都縮在一個圓形的亮窗內，這個現象稱為「司乃耳之窗 (Snell's Window)」。這是因為光線從空氣進入水中時會發生折射，而潛水員只能在特定角度內接收到來自水面上的光。已知水的折射率

$n_{\text{水}} = \frac{4}{3}$ (空氣的折射率視為 1)，若潛水員位於水面

下 $H = 3\sqrt{7}$ m 處，則他所看見「司乃耳之窗」在水面上的半徑 R 為多少 m？

- (A) 3.0
(B) 4.0
(C) 9.0
(D) 12.0
(E) 16.0



9. 某天，人類從一顆質量為 M 、半徑可忽略不計的行星向太空發射一艘質量為 m 的無人太空探測器。探測器發射後進入太空，全程僅受該行星的萬有引力作用，其他天體的影響皆可忽略。為方便分析，科學家將重力位能的零點定義在無窮遠處。探測器最初位於距行星中心距離為 R 的位置，並以初速度 v_0 沿著行星中心的徑向方向、遠離行星運動。在引力作用下，探測器速度逐漸減小，並持續遠離行星。當探測器運動至距行星中心距離為 $2R$ 時，地面控制中心的儀器量測到此時探測器的動能恰好等於該位置重力位能「絕對值」的一半。根據上述資訊，試問探測器的初速度 v_0 應為下列何者？(重力常數為 G)

- (A) $\sqrt{\frac{GM}{4R}}$
(B) $\sqrt{\frac{GM}{2R}}$
(C) $\sqrt{\frac{3GM}{4R}}$
(D) $\sqrt{\frac{GM}{R}}$
(E) $\sqrt{\frac{3GM}{2R}}$

10. 若有一帶電量為 0.001 C 、質量為 0.5 kg 的負電小球在地表附近，忽略一切空氣阻力，從 10 m 的高塔以一初速度水平拋出，落地時水平射程為 $4\sqrt{2}\text{ m}$ ，現在於小球附近施加一個電場量值為 2500 N/C 的向下均勻電場，再以相同初速度、相同高度水平拋出，試問小球的水平射程變為多少 m ? (重力加速度 $g=10\text{ m/s}^2$)

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

11. 如圖 4，一質量為 M 的小物體放置於光滑水平桌面上，並與不可伸長、質量可忽略的細繩相連，細繩穿過桌面中央一小孔，其另一端由人握持於桌下。一開始時，小物體以速率 v_0 在桌面上作等速圓周運動，旋轉半徑為 r_0 。之後，此人緩慢且穩定地將細繩向下拉，使小物體仍維持圓周運動，直到旋轉半徑縮短為 r 。試問在此過程中，此人對小物體所作的功為何？

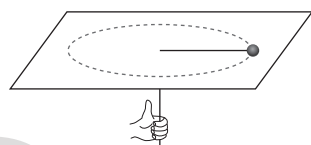


圖 4

- (A) $\frac{1}{2} Mv_0^2 \left[\left(\frac{r_0}{r} \right)^2 - 1 \right]$
- (B) $\frac{1}{2} Mv_0^2 \left[1 - \left(\frac{r_0}{r} \right)^2 \right]$
- (C) $\frac{1}{2} Mv_0^2 \left(1 - \frac{r_0}{r} \right)$
- (D) $\frac{1}{2} Mv_0^2 \left(\frac{r_0}{r} - 1 \right)$
- (E) $\frac{1}{2} Mv_0^2$

12. 核反應爐中，鈾 235 發生核分裂後，會產生動能很大的快中子。為了提高鈾 235 對中子的吸收率，常使用重水作為減速劑。快中子需與重水中的氘原子核進行多次碰撞後逐漸減速，形成動能較小的慢中子，使中子的能量較容易被鈾 235 吸收，進而引發下一次核分裂。設核分裂產生的快中子初始動能約為 2.5 MeV ，並假設中子每次皆與氘原子核發生一維正向彈性碰撞。氘原子核可視為初速為 0 且質量為中子兩倍的粒子。若要使中子的動能降至 0.025 eV 以下的慢中子，則中子至少需與氘原子核碰撞幾次？

- (A) 5
- (B) 7
- (C) 9
- (D) 11
- (E) 13

二、多選題 (占 30 分)

說明：第13.題至第18.題，每題 5 分。

13. 下列有關近代物理學理論或實驗與相關學者的敘述，哪些正確？
- (A)湯姆生研究陰極射線在均勻電磁場中的運動，測出電子的電荷量
 - (B)倫琴研究氣體放電管的性質，發現 X 射線
 - (C)密立坎改良光電效應實驗，測定普朗克常數 h
 - (D)愛因斯坦分析黑體輻射現象，提出量子論
 - (E)德布羅意提出物質波理論，預測電子具波動性
14. 我們可以利用手機與一片焦距 f 為 50 mm 的凸透鏡，讓手機畫面作為「物」，把畫面投影至透鏡後 2.0 m 的屏幕上，形成簡易的投影機。若忽略像差，則下列敘述哪些正確？
- (A)把凸透鏡改成同焦距的凹透鏡，在不改變手機與屏幕的相對位置下，也能在屏幕上得到清晰實像
 - (B)若手機與透鏡距離固定，要在透鏡後 2.0 m 的屏幕上對焦時，手機距透鏡應為 8.0 cm
 - (C)若把手機遠離透鏡，為使影像仍清晰，屏幕應向後移，且影像會變大
 - (D)若把手機更靠近透鏡，為使影像仍清晰，屏幕應向後移，且影像會變大
 - (E)手機畫面需上下顛倒放置，因透過凸透鏡會形成倒立實像
15. 俗稱「Oobleck」的玉米粉水混合物，是一種常見的非牛頓流體。它和一般「牛頓流體」不同，當你用力且快速敲擊液面時，它會像固體一樣瞬間變硬，甚至可以短暫承受重量；但如果把手慢慢伸進去，它又會像液體一樣讓手深入。常見的最佳玉米粉與水的比例大約是 2：1。小麟想知道非牛頓流體的力學特性，他準備了一個容器，加入最佳比例的玉米粉與水，然後將一顆質量為 200 g 的鋼球放在距離液面 200 cm 的高度，由靜止開始釋放。實驗的時間從鋼球釋放那一刻開始記錄，直到鋼球完全沒入非牛頓流體為止。過程中利用高速攝影機記錄鋼球的運動，並用軟體分析鋼球速度隨時間的變化，其實驗結果之速度 v 對時間 t 的關係圖如圖 5 所示。下列有關本實驗的結果描述，哪些正確？
- (A)鋼球在接觸液面瞬間的動能為 3.6 J
 - (B)鋼球在 0.6 ~ 0.7 s 減速期間，液面對鋼球的平均作用力量值為 11 N
 - (C)0.7 s 後鋼球等速沒入液體期間，非牛頓流體對鋼球的作用力為零
 - (D)0.7 s 後鋼球等速沒入液體期間，合力對鋼球作功為零
 - (E)整個實驗過程中，鋼球的力學能守恆

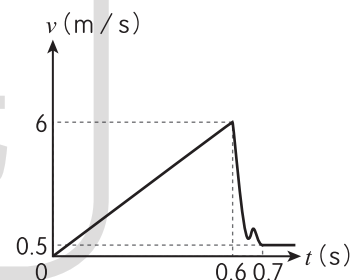


圖 5

16. 一列觀光列車用速率 v = 每小時 54 公里通過一段曲率半徑 $R = 150$ 公尺的彎道，為了使列車轉彎時車輪對鐵軌沒有側向的壓力，故使鐵軌保持傾斜，工程師將外側鐵軌設計的比內側鐵軌還高。已知兩鐵軌間的水平距離為 1.5 公尺，令重力加速度 $g = 10$ 公尺 / 秒²、軌道傾斜角度為 θ ，下列敘述哪些正確？

(A) 軌道傾斜角度滿足 $\tan\theta = \frac{v}{\sqrt{gR}}$

(B) 軌道傾斜角度約為 37°

(C) 若車速增加，則內、外鐵軌高低差可減小

(D) 外側鐵軌應比內側高約 0.23 公尺

(E) 列車所需向心加速度為 1.5 公尺 / 秒²

17. 在波動光學中，光的繞射會影響影像的清晰度。假設某光學感測器前方設有一寬度為 d 的單狹縫，當兩個位置固定且相距極近的点光源經由單狹縫投影到距離為 L 的屏幕上時，會各自形成繞射圖樣。

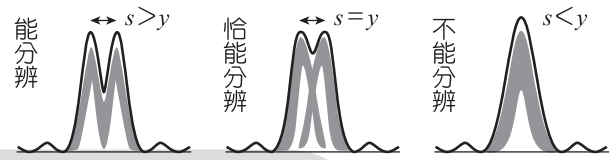


圖 6

若定義「兩中央亮帶中心點的距離 s 」必須不小於「單一繞射圖樣的中央亮帶之一半寬度 y 」（即中央至第一暗紋的距離）才能將其辨識為兩個獨立光源，如圖 6 示意圖所示（縱軸為光強度、橫軸為位置）。已知入射光波長為 λ ，且單狹縫繞射的第一暗紋位置與中央線的夾角 θ 滿足 $\sin\theta \doteq \frac{\lambda}{d}$ 。下列關於提升該系統辨識能力的敘述，哪些正確？

(A) 此系統的恰能分辨之基準距離 y 可表示為 $\frac{\lambda L}{d}$

(B) 若將狹縫寬度 d 縮小，可使繞射圖樣縮小，進而提升辨識能力

(C) 改用頻率較高的光源進行觀測，會使基準距離 y 變大

(D) 若將整個實驗裝置置於水中進行，則基準距離 y 會縮小，有利於提升辨識能力

(E) 增加光源的亮度，能縮小中央亮帶的物理尺寸，進而解析更細微的結構

18. 小華利用電流天平測量一未知小重物的質量，裝置示意圖如圖 7 所示。天平左端掛有待測小重物，右端線圈（RQ 段長度為 L ）置於螺線管內。實驗時，螺線管通以電流 I_1 以產生磁場；天平線圈通以電流 I_2 以產生磁力。當天平指針歸零（維持水平平衡）時，下列有關此實驗的敘述，哪些正確？（重力加速度 $g = 10$ m / s²、真空磁導率 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ T · m / A）

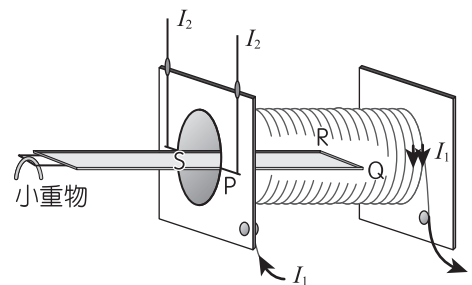


圖 7

(A) 為了抵消左端小重物的重量，右端線圈 RQ 段所受的磁力方向應向下

(B) 承(A)，若螺線管內的磁場方向向右，則天平線圈的電流 I_2 應由 S 流向 P (S → R → Q → P)

(C) 若已知螺線管單位長度匝數 $n = \frac{5}{\pi} \times 10^3$ 匝 / m、RQ 長度 $L = 0.1$ m，且測得 $I_1 = 1.8$ A、

$I_2 = 1.4$ A，則此小重物質量約為 50 mg

(D) 若測量同一小重物，僅改變電流大小，則 I_1 與 I_2 的關係圖應為一通過原點的斜直線

(E) 小重物的質量 m 與螺線管電流 I_1 、天平線圈電流 I_2 的乘積成正比

第貳部分、混合題或非選擇題（占 34 分）

說明：本部分共有 3 題組，每一子題配分標於題末。限在答題卷標示題號的作答區內作答。選擇題與「非選擇題作圖部分」使用 2B 鉛筆作答，更正時以橡皮擦擦拭，切勿使用修正帶（液）。非選擇題請由左而右橫式書寫，作答時必須寫出計算過程或理由，否則將酌予扣分。

19.、20. 題為題組

在急診室中，一名醫護人員正在使用大小固定的氧氣筒為病患供應氧氣，此醫用的氧氣筒容積為 50 L，當醫護人員從筒中取出一些氧氣（可視為理想氣體）時，醫護人員注意到壓力表的讀數從 20 atm 降至 15 atm，且筒中的氧氣溫度從 30°C 下降到 10°C，其中理想氣體常數 $R=0.082 \text{ atm} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K})$ 。

19. (a) 請問醫護人員從筒中約取出了多少 kg 的氧氣？（四捨五入至小數點後兩位）（3 分）

(b) 承(a)題，若於 1 atm、27°C 下，氧氣筒固定每分鐘輸出 2 L 的氧氣給病患，則醫護人員取出的氧氣量約可供病人使用多少分鐘？（四捨五入至整數）（4 分）

20. 若氧氣筒在整個取氣過程中，筒中的氧氣溫度下降且由於部分氧氣被取出，筒內氣體分子數減少。請依據氣體運動論分析，若將此氣體視為理想氣體，則筒內氧氣之方均根速率在供氧後比供氧前大、小還是不變？並說明理由。（4 分）

21.~23. 題為題組

小明利用碳板、直流電源供應器、檢流計 G 與兩支探針，進行「等電位線與電場」的實驗。裝置如圖 8 所示：將碳板的兩極 Q_1 、 Q_2 ，分別接上電源的正極與負極。實驗時，他將一支探針固定在碳板上某點，移動另一支探針尋找檢流計讀數為零的位置，並在紀錄紙上描繪出一條條的等電位線。

21. 關於本實驗的操作原理與圖形分析，下列敘述何者正確？（單選）（3 分）

(A) 實驗中利用檢流計尋找等電位點時，當檢流計讀數為零，代表兩探針所在處的電場為零

(B) 繪製出的電力線（電場線）應與等電位線互相垂直，且電力線方向由電位低的區域指向電位高的區域

(C) 若增加電源供應器的輸出電壓，則測得的等電位線形狀將會發生明顯改變

(D) 在兩電極 Q_1 、 Q_2 之間，若相鄰兩條等位線的電位差為定值，則等電位線分布愈密集的地方，代表該處的電場量值愈強

(E) 無論電極位置或電極形狀如何改變（例如：變成長條狀等），等電位線形狀皆相同

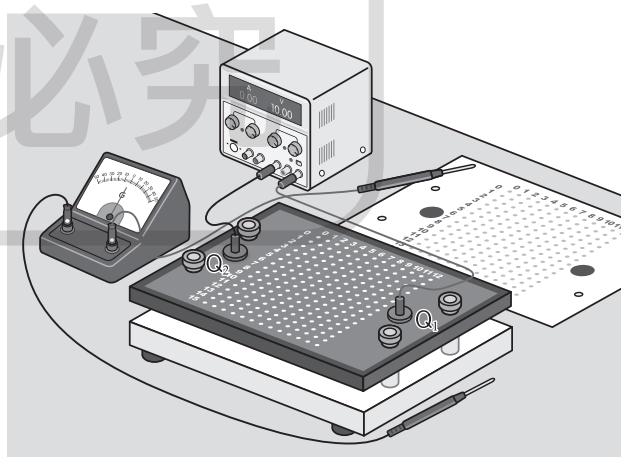


圖 8

22. 小明在實驗紀錄紙上標記了 A、B、C 三點，如圖 9 所示。已知 A 點位於兩電極連線的中點上，B 點位於中垂線上，C 點靠近正極 Q_1 。若比較此三點的電場量值 E_A 、 E_B 、 E_C ，與電位 V_A 、 V_B 、 V_C ，由實驗原理判斷，下列關係哪些最為合理？（多選）（5 分）

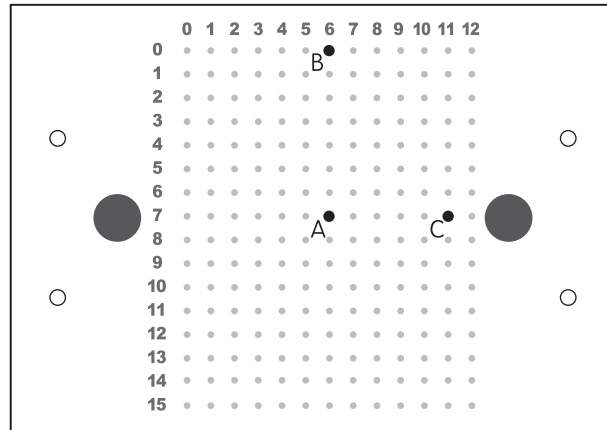


圖 9

- (A) $E_A > E_C > E_B$
- (B) $E_C > E_A > E_B$
- (C) $E_A = E_B = E_C$
- (D) $V_C > V_A = V_B$
- (E) $V_A = V_B > V_C$

23. 小明取兩電極連線正中央區域進行分析，他發現此區的等電位線幾乎平行。若他在該區測得相鄰兩條等電位線的電位差固定為 2.0 V，且利用直尺測量這兩條線之間的垂直距離平均為 2 cm。假設將一個電荷量 1.6×10^{-19} C、質量 9.0×10^{-31} kg 的電子放置在兩電極連線中點處，若僅受靜電力作用，請問該電子由靜止加速前進 10 cm 後的動能為何？（4 分）

24.~26. 題為題組

在生物力學的研究中，科學家常將動物的腿部視為一繞著髖關節擺動的「物理擺」。為了探究腿部構造對行走步態的影響，研究團隊提出了一個簡化的物理模型：假設動物在自然行走時，腿部的擺動週期 T 主要受重力驅動，其關係式為：

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L_{\text{eff}}}{g}} = \alpha \sqrt{L}$$

其中 g 為重力加速度、 L_{eff} 為等效擺長 $= k \times L$ (k 為與質量分布有關的物理常數、 L 為擺的全長)、 α 為包含 g 與 k 的物理常數。

對於一個全長為 L 的物體，一端固定於轉軸上可自由擺動，其「等效擺長」取決於質量分布的情形：

- (1) 末端質量集中：若質量集中在底端，例如：擺繩極輕的理想單擺，則 $L_{\text{eff}} \div L$ ， $k=1$ 。
- (2) 質量均勻分布：若質量均勻分布，例如：均勻圓柱棒，則 $L_{\text{eff}} \div \frac{2}{3}L$ ， $k = \frac{2}{3}$ 。
- (3) 軸端質量集中：若質量集中在靠近轉軸處，例如：大腿肌肉發達，則 $L_{\text{eff}} < \frac{2}{3}L$ ， $k < \frac{2}{3}$ 。

研究團隊收集了多種不同腿長動物的步態數據。請依據上述情境，回答下列問題：

24. 研究團隊將「自然擺動週期平方 T^2 」，對應「腿長 L 」的實驗數據繪製成 T^2-L 關係圖，若某種動物的腿部構造近似於「質量均勻分布」的模型，則在理論上，該數據分布直線的斜率應為下列何者？（單選）（3分）

- (A) $\frac{4\pi^2}{g}$
 (B) $\frac{8\pi^2}{3g}$
 (C) $\frac{3\pi^2}{2g}$
 (D) $\frac{2\pi^2}{3g}$
 (E) $\frac{3\pi^2}{8g}$

25. 演化生物學家認為獵豹等善於高速奔跑的動物，其演化策略是在維持腿長 L 的前提下，盡可能縮短擺動週期 T 。請依據題幹中的物理公式推論，為了達到上述「縮短週期」的目的，獵豹的腿部構造應接近哪一種質量分布情形？並說明理由，且指出此種物理模型對應到實際生物腿部時，應為何種質量分布。（3分）

26. 研究團隊發現，對於體型較小的動物，簡單的重力擺模型與實驗數據存在誤差。為了修正此誤差，生物學家提出了一個考慮生理限制的「神經延遲模型」，修正後的週期公式為：

$$T = \alpha \sqrt{L} + T_0$$

其中， T_0 為生物的神經肌肉反應時間。現有兩隻同種僅大小不同的昆蟲 A 與 B，構造幾何相似，可視為 k 值相同，其測量數據如表 2。

表 2

	腿長 L (cm)	自然步態週期 T (s)
昆蟲 A	1	0.15
昆蟲 B	4	0.25

- (a) 請利用表 2 數據，計算該種類昆蟲的神經肌肉反應時間 T_0 為多少 s？以及常數 α 之值為多少 $s / m^{0.5}$ ？（2分）
 (b) 承(a)題，若已知當地的重力加速度 $g \div \pi^2 m / s^2$ ，請判斷該種類昆蟲的腿部構造應接近哪一種質量分布情形？並說明理由。（3分）