

大學入學考試中心
分科測驗參考試卷
(111學年度起適用)

物理考科

—作答注意事項—

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，應以橡皮擦擦拭，切勿使用修正液（帶）。
- 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，可以使用修正液（帶）。
- 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，恐將影響考生成績並傷及權益。
- 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。

著作權屬財團法人大學入學考試中心基金會所有，僅供非營利目的使用，轉載請註明出處。若作為營利目的使用，應事前經由財團法人大學入學考試中心基金會書面同意授權。

大學入學考試中心

分科測驗（111 學年度起適用）

物理考科

參考試卷說明

本參考試卷為 111 學年度起適用之分科測驗物理考科參考試卷。大考中心依據以下二份文件所揭櫫之理念與目標而設計：

- （一）108 學年度開始實施之「十二年國民基本教育課程綱要國民中小學暨普通型高級中等學校—自然科學領域」。
- （二）本中心所公布之 111 學年度起適用之「分科測驗物理考科考試說明」。

一、測驗科目與範圍

分科測驗物理考科的測驗範圍包括普通型高級中等學校部定必修物理（含探究與實作課程內容）、部定加深加廣選修物理及相關實驗。加深加廣選修物理課程包括：力學一；力學二與熱學；波動、光及聲音；電磁現象一；電磁現象二與量子現象。

二、題型、架構與配分

111 學年度起分科測驗物理考科的試卷架構分為兩部分，第壹部分為選擇題型，約占 70%；第貳部分為混合題型（兼含選擇題與非選擇題）或非選擇題型（非選擇題有問答、繪圖、表格與計算等），約占 30%，試卷的滿分為 100 分。本卷的非選擇題配分占 29%，上述題型與配分比例在未來正式考試時，可能因組卷之必要而有微調。

三、命題特色

配合「十二年國民基本教育課程綱要國民中小學暨普通型高級中等學校—自然科學領域」強調素養與跨領域精神，「分科測驗物理考科」的命題方向兼具測驗學科概念的基本試題，以及將知識與能力整合運用於生活情境與學術探究情境的素養導向命題。

四、考生作答（答題卷）

此次答題卷為配合混合題型而設計，考生填答時須注意本考科試題本之「作答注意事項」的提示，並於規定的作答區撰寫。未來混合題型中的非選擇題可能有其他不同形式，每份試卷混合題的呈現方式未必皆相同，作答時須搭配「答題卷」，故務必詳讀試卷上的作答說明。

參考試卷呈現本中心未來命題方向、組卷架構、答題卷設計、參考答案／評分原則等可能樣貌，僅適宜作為參考練習、評量之示例；此外，本次試題除部分為原創外，亦有採用或修改歷年考題或研究用試題情形。

本中心對本次公告之參考試卷，雖追求最高品質，但仍可能存在須調整精進之處，歡迎各界惠予指正、建議。

第壹部分、選擇題（占 68 分）

一、單選題（占 33 分）

說明：第1題至第11題，每題3分。

1-2題為題組

角動量守恆是物理學中重要的定律，日常生活中也常運用此定律解釋運動現象。試回答以下問題：

- 以國際單位制（SI）而言，下列何者是角動量的單位？
(A) kg/s (B) $\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$ (C) $\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$ (D) $\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}$ (E) $\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$
- 一質點相對某一固定參考點之角動量對時間的變化率是下列何者？
(A) 質點所受的合力 (B) 質點所受的合力矩 (C) 質點的動能
(D) 質點的重力位能 (E) 外力對質點所作的功
- 光可視為一種電磁波，能解釋許多光學現象。直到某個實驗結果出現，發現無法用波動概念解釋，證實光具有粒子的特性。試問是下列哪個實驗證實光也具有粒子性？
(A) 湯姆森荷質比實驗 (B) 楊氏雙狹縫干涉實驗
(C) 陰極射線管實驗 (D) 光電效應實驗
(E) 拉塞福 α 粒子散射實驗

- 如圖 1 所示，長 5.0 m 的均勻細線，其質量為 0.010 kg，一端繫於固定在桌上的起振器 P 點，P 點振幅極小，可視為節點，另一端經光滑的定滑輪 Q，懸掛質量為 1.0 kg 的重物，PQ 間恰好是 4.0 m。調整起振器的振動頻率，直到 PQ 間產生三個清楚的駐波節點（不含 P、Q 兩節點）為止，若繩波的速率等於 $\sqrt{\frac{T}{\mu}}$ ，其中 T 及 μ 分別為繩之張力及線密度，則當時起振器的振動頻率約為多少 Hz？（取重力加速度 $g = 10 \text{ m/s}^2$ ）

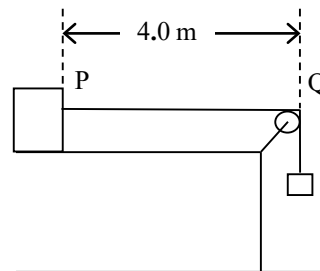


圖 1

- (A) 3 (B) 10 (C) 35 (D) 41 (E) 140
- 某生因實驗需求，欲讓某點的磁場為零，已知該點原磁場相當於一個半徑為 R ，通有順時針方向的電流 I 的圓形線圈在圓心處所建立之磁場，則同樣以該點為圓心，在同一平面上，加上下列何種圓形線圈後，可達成讓該點磁場為零的需求？
(A) 半徑為 R ，逆時針方向電流為 $2I$
(B) 半徑為 $2R$ ，逆時針方向電流為 $2I$
(C) 半徑為 $\sqrt{2}R$ ，逆時針方向電流為 I
(D) 半徑為 R ，順時針方向電流為 $2I$
(E) 半徑為 $\sqrt{2}R$ ，順時針方向電流為 $2I$

6-7題為題組

太陽輻射是地球主要的能量來源，也是極為重要的綠色能源。已知太陽核心進行核融合的過程中，質量如果減損 Δm ，等效的輻射能量為 $\Delta E = \Delta m \times c^2$ 。已知光速 $c \approx 3 \times 10^8$ km/s、地球半徑 $R_e \approx 6400$ km。而地球繞太陽公轉的軌道平均半徑 r_e ，為一個天文單位，相當於光行進 500 秒的距離。

如圖 2 所示，假設太陽垂直照射處的地球表面，每平方公里所接受到的平均功率約為 1 GW，其中 1 GW 相當於核分裂核能發電廠中，一個核能機組的總功率。

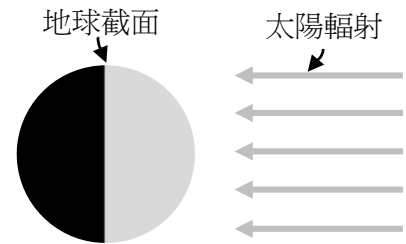


圖 2

設太陽輻射的能量是球形對稱輻射，試回答下列問題：

- 太陽輻射到地表的太陽能總功率是地球所有生物可以利用的綠色能源，其數量級約為多少 GW？
(A) 10^2 (B) 10^5 (C) 10^8 (D) 10^{11} (E) 10^{14}
- 太陽因輻射而減損的質量，每秒鐘約為多少公斤？(半徑為 r 的球，其表面積為 $4\pi r^2$)
(A) 10^9 (B) 10^{12} (C) 10^{15} (D) 10^{18} (E) 10^{21}
- 將某一單原子理想氣體加入一個溫度以及體積均可以任意改變的密閉容器裡，當容器溫度或體積改變且氣體達成熱平衡後，此時下列有關該容器內氣體性質的敘述，何者一定正確？
(A) 若溫度越高，則壓力越大
(B) 若體積越大，則壓力越小
(C) 若壓力越大，則氣體分子的平均動能越大
(D) 若溫度越高，則氣體分子的平均速度越大
(E) 若溫度越高，則氣體分子的方均根速率越大
- 已知火星的平均半徑約為地球的 0.5 倍，火星表面的重力加速度約為地球的 0.4 倍，在不計阻力下，火星表面物體的脫離速率，也就是脫離其重力場所需的最小初速率，約為地球表面的多少倍？
(A) $\sqrt{\frac{1}{5}}$ (B) $\sqrt{\frac{1}{3}}$ (C) $\sqrt{\frac{4}{5}}$ (D) $\sqrt{3}$ (E) $\sqrt{6}$
- 日常生活中常見的運動與牛頓運動定律息息相關，下列有關牛頓三大運動定律的敘述，何者正確？
(A) 依據第二運動定律，運動物體的速度方向必定與其所受合力的方向相同
(B) 依據第二運動定律，運動物體的位移方向必定與其所受合力的方向相同
(C) 用槳划水使船前進及加速的過程，可分別利用第三與第一運動定律解釋
(D) 用噴氣使火箭前進及加速的過程，可分別利用第三與第一運動定律解釋
(E) 溜冰選手站立於光滑水平地面以手猛推一下牆壁，使自己反彈及其後以等速度離開，可分別利用第三與第一運動定律解釋

11. 光電倍增管可以將微弱的光訊號轉換並增強，而以電壓訊號輸出。有一光電倍增管的訊號輸出端串聯一個 $50\ \Omega$ 的電阻器，形成迴路。若一脈衝光照射此光電倍增管，則此電阻器兩端之電壓與時間的關係如圖 3 實線所示。試問光電倍增管所輸出脈衝訊號的電量最接近下列何者？（ $1\text{ ns} = 10^{-9}\text{ s}$ ）

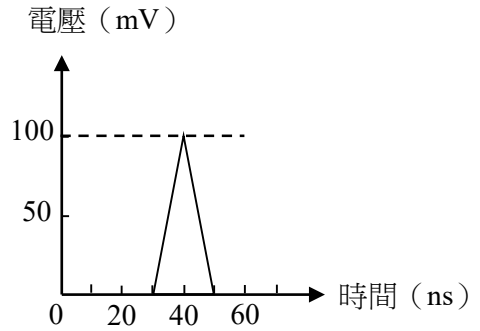


圖 3

- (A) 10^{-5} C
(B) 10^{-7} C
(C) 10^{-9} C
(D) 10^{-11} C
(E) 10^{-13} C

二、多選題（占 35 分）

說明：第 12 題至第 18 題，每題 5 分。

12. 如圖 4 所示，真空中有一組平行金屬板，長度為 L ，板距為 d ，開始時開關 S 是接通的，忽略邊界效應，兩板之間為均勻電場，其量值為 E ，且平行金屬板右端與螢幕的距離為 D 。今將電子以初速度 v 自平行板左端水平射入，電子在螢幕上所產生光點的垂直偏移量為 y ，忽略重力的影響。假設在下列選項所述過程中，電池的電壓不變，且電子一定可以抵達螢幕，則下列敘述哪些是正確的？

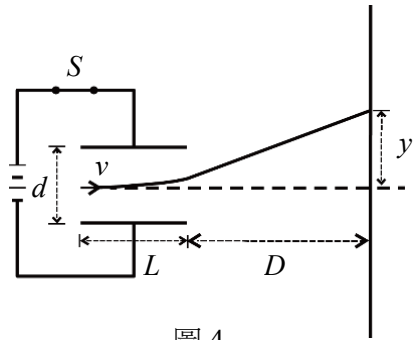


圖 4

- (A) 若僅將板距 d 增為原來的 2 倍，則 E 變為原來的 2 倍
(B) 若僅將板距 d 減為原來的一半，則 E 變為原來的 2 倍
(C) 若僅將板距 d 增為原來的 2 倍，則 y 變為原來的 2 倍
(D) 若僅將板距 d 減為原來的一半，則 y 變為原來的 2 倍
(E) 若僅將初速度 v 減為原來的一半，則 y 變為原來的 4 倍
13. 質量為 m 的鋼珠，製成擺長為 ℓ 的錐動擺，以 P 點為懸掛點，擺線與鉛垂線夾角為 θ ，鋼珠以 O 點為圓心作水平等速圓周運動，如圖 5 所示。不計空氣阻力與摩擦力影響，下列有關錐動擺鋼珠的運動，哪些敘述正確？

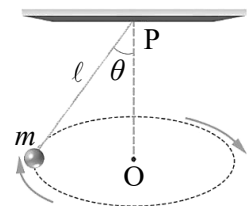


圖 5

- (A) 鋼珠作等速圓周運動時，動量會守恆
(B) 鋼珠作等速圓周運動時，對 O 點的角動量守恆
(C) 鋼珠作等速圓周運動時，所受合力的方向沿擺線指向 P 點
(D) 鋼珠作等速圓周運動時，在鉛垂線方向和水平方向所受合力皆為零
(E) 若擺線的張力為 T ，則鋼珠作等速圓周運動時的向心力量值為 $T \sin \theta$

14. 圖 6 所示為一款數位交流鉗表，這類數位交流鉗表比一般三用電表多了一個夾子狀的鉗嘴裝置。除了一般三用電表的基本功能，最重要的是可以很方便地用於測量較大的交流電流。使用時只要將鉗表的鉗嘴勾住載有交流電流的導線，即可於螢幕上顯示該導線之電流值，不需拆卸或截斷導線與之串聯測量；然而若直接將鉗嘴勾住使用中的家用電器之插頭電線，測得的電流值將為零。



圖 6

交流鉗表的原理其實就是變壓器的原理，若將鉗嘴內部的鐵心視為變壓器的鐵心，鉗嘴勾住待測電流的導線為主線圈，則另有副線圈纏繞於鉗嘴內部的鐵心並藏納於鉗表中。根據以上介紹，下列敘述哪些正確？

- (A) 數位交流鉗表為電磁感應的應用
 - (B) 鉗表中副線圈的圈數越多，則能測量越大的直流電流
 - (C) 直接將鉗嘴鉗住使用中的家用電器之插頭電線，測得的電流值為零，是因為電線內含有火線與中性線，其電流大小相同，方向相反
 - (D) 若待測電流為 7 A，副線圈的圈數為主線圈的 100 倍，則連結副線圈的鉗表輸入處的電流為 0.7 A
 - (E) 銀的電阻率很小，是製作鉗嘴內部鐵心最適合的材料
15. 圖 7 為衛星探測器所測得的宇宙微波光譜分布圖。離散的數據點是實驗數值，平滑曲線是達成熱平衡時的黑體輻射理論預測值。科學家為了簡化記錄，常把真空中的光速 c 值設成 1，也就是所有速率都以 c 為單位。以波速 $0.4c$ 、波長 0.05 m 的波為例，表 1 所列表列為簡化後，相對應的波速、波長、頻率。因此圖 7 橫軸的頻率單位就可以表示成 cm^{-1} 。根據以上敘述，下列何者正確？

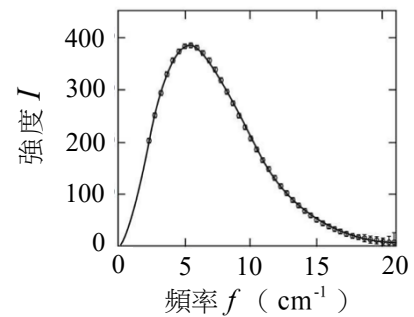


圖 7

表 1

	SI 制單位下的表示法	將 c 設成 1 後的簡化單位表示法
波速 v	$0.4c \approx 1.2 \times 10^8\text{ m/s}$	0.4
波長 λ	0.05 m	0.05 m = 5.0 cm
頻率 $f(=v/\lambda)$	$2.4 \times 10^9\text{ Hz}$	$\frac{0.4}{5.0\text{ cm}} = 0.08\text{ cm}^{-1}$

- (A) 圖中所顯示，達成黑體熱平衡的粒子是光子
- (B) 橫軸是測量到的電子的頻率。隨著頻率越高，相對應的輻射強度越弱
- (C) 橫軸是測量到的光子的頻率。隨著頻率越高，相對應的輻射強度越強
- (D) 縱軸強度最高點處（峰值處）所對應的微波波長大約是 2.0 mm
- (E) 縱軸強度最高點處（峰值處）所對應的微波頻率大約是 $3 \times 10^{11}\text{ Hz}$

16. 菲哥與小佛在家做光學實驗。他們使用單頻綠光雷射筆發出的綠光，如圖 8 所示，從空氣中射向折射率為 1.60、厚度為 d 的透明方形壓克力板，而此壓克力板可浮於水槽內的水平面上，水的折射率為 1.33，約為 $4/3$ 。若綠光從空氣中射入壓克力板頂端的人射角為 60° ，則下列敘述哪些正確？

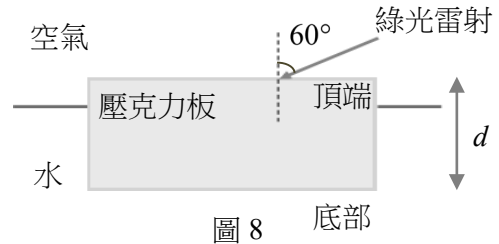


圖 8

- (A) 綠光在壓克力板中的光速比空氣中大
 (B) 若綠光進入壓克力板時折射角為 θ ，則 $\sin\theta = 5\sqrt{3}/16$
 (C) 綠光經由壓克力板底部折射進入水中後，水中光速比壓克力板中大
 (D) 綠光經由壓克力板底部折射進入水中後，其折射角大於 60°
 (E) 若調整綠光從空氣中射入壓克力板的人射角，則綠光在壓克力板底部與水的界面，可能會發生全反射
17. 日常生活中離不開摩擦力，接觸面的摩擦力可以讓物體減速或加速，也能使物體順利轉彎，但摩擦力也可能消失。摩擦對物體施力，可能對物體作正功，也可能作負功，或者不作功。如圖 9 所示，甲、乙兩木塊靜止疊放在水平光滑桌面上，兩木塊間的接觸面與桌面平行，若施一水平力 F 於乙，使甲與乙無相對運動而能一起向右等加速前進，則下列敘述哪些正確？

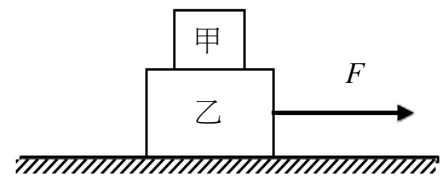


圖 9

- (A) 甲受兩木塊接觸面的靜摩擦力向左，靜摩擦力對甲作負功
 (B) 甲受兩木塊接觸面的動摩擦力向左，動摩擦力對甲作正功
 (C) 甲受兩木塊接觸面的靜摩擦力向右，靜摩擦力對甲作正功
 (D) 乙受兩木塊接觸面的動摩擦力向左，動摩擦力對乙作正功
 (E) 乙受兩木塊接觸面的靜摩擦力向左，靜摩擦力對乙作負功
18. 表 2 為某報紙刊載的家用爐具比較表，根據表中資訊，下列敘述哪些正確？

表 2

	瓦斯爐	電磁爐	電陶爐
加熱原理	明火	電磁感應原理 使鍋底發熱	加熱鎳鉻電阻絲，經玻璃面板傳熱至鍋具
熱效能	50%	90%	70%
由室溫煮沸 500 ml 水所需時間	3 分 44 秒	2 分 38 秒	4 分 09 秒
安全性	有火焰且 使用後降溫慢	爐面溫度低， 觸碰不會燙傷	雖無火焰 但爐面溫度高 且使用後降溫慢
適用鍋具	所有鍋具	鐵磁性平底鍋較佳	平底鍋

註：熱效能定義為「用於加熱的功率與能量來源提供總功率的比值」。

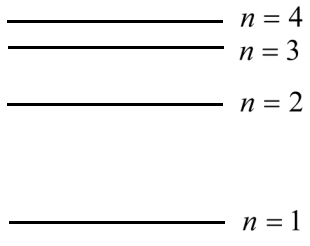
- (A) 瓦斯爐和電磁爐都有應用到電流磁效應的原理
- (B) 電磁爐和電陶爐都有應用到電流熱效應的原理
- (C) 瓦斯爐加熱的原理主要為電流的熱效應
- (D) 表中熱效能越高的爐具必可在越短時間完成加熱相同食材
- (E) 表中熱效能低的爐具，會有較高比例的熱散失

第貳部分、混合題或非選擇題（占 32 分）

說明：本部分共有 3 題組，每一子題配分標於題末。限在標示題號作答區內作答。選擇題與「非選擇題作圖部分」使用 2B 鉛筆作答，更正時，應以橡皮擦擦拭，切勿使用修正液（帶）。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。

19-21題為題組

軌道上只有一個電子的氫原子，圖 10 為其能階示意圖。
量子數 $n=1、2、3\dots$ ，相應的能階分別為 $E_1、E_2、E_3\dots$ 。
已知光速為 c ，普朗克常數為 h ，庫侖常數為 k ，電子的電量為 e 、質量為 m 。假設原子核靜止，電子離原子核無窮遠處的電位能為零。根據波耳氫原子模型的理論，試回答下列問題：



19. 當電子由高能階 $n=3$ 躍遷到低能階 $n=1$ 時，該原子會釋放出的光子頻率為何？
（單選）（3 分）

- (A) $\frac{E_3 - E_1}{h}$ (B) $\frac{E_3 + E_1}{h}$ (C) $\frac{E_3 - E_1}{hc}$ (D) $\frac{E_3 + E_1}{hc}$ (E) $\frac{hc}{E_3 - E_1}$

20. 波耳氫原子模型是根據拉塞福的行星繞日模型，並且以簡單的數學式加入量子化條件而成。若電子在量子數為 n 的軌道運動時，其角動量量值為 l 、動能為 K 、電位能為 U ，則：

- (1) $l =$ _____。（填充題，以 $n、h$ 表示之）（2 分）
(2) $K =$ _____。（填充題，以 U 表示之）（2 分）

21. 若電子在量子數為 n 的軌道運動時，其總能量為 E_n ，試推導 $E_n = -\frac{2\pi^2 mk^2 e^4}{h^2} \times \left(\frac{1}{n^2}\right)$ 。
（5 分）

22-24題為題組

柯南與小哀在實驗室進行聲音的實驗。

22. 小哀測量出此時聲速 340 m/s，已知攝氏零度之聲速為 331 m/s，而每升高攝氏 1 度，聲速就增加 0.6 m/s。小哀推測出實驗室內氣溫大約是攝氏幾度？（2 分）
23. 柯南知道音階上中央 C 的頻率為 262 Hz，每升高 n 個八度音，聲音頻率就變為原來的 2^n 倍。柯南想用兩端開口的管子做成管風琴，在只考慮基音頻率的情況下，他想要設計出能吹奏出最高音為中央 C 升高兩個八度音的管子。則柯南設計的管風琴管子，最短約為幾 cm？（計算至小數點第一位）（4 分）

24. 柯南和小哀，對另一個長度固定之空氣柱發出的聲音，進行頻率對強度的量測實驗，其結果如圖 11 所示，試問以下敘述是否正確？其理由為何？（請參考答題卷第 24 題敘述一之範例，並於作答區內作答）（6 分）

敘述一：此空氣柱發出基頻聲音的波長為 34 cm

敘述二：此空氣柱的長度為 17 cm

敘述三：若實驗室內的空氣溫度降低，則空氣柱發出的聲音頻率亦會降低

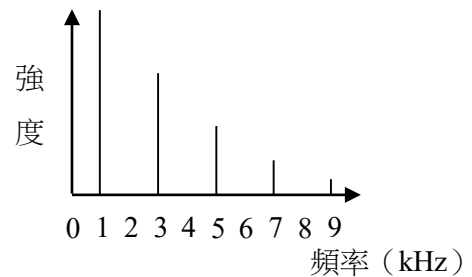


圖 11

25-26題為題組

要驗證牛頓第二運動定律，可利用如圖 12 所示之水平桌面上的滑車裝置。設滑車本身的質量為 M ，每一帶有掛勾的槽碼（砝碼）質量均為 m ，重力加速度量值為 g ，而細繩質量可以忽略不計，細繩與定滑輪間、滑車與桌面間的摩擦力經特別處理而均可忽略。滑車移動過程中，滑車與滑車上的槽碼之間無相對運動。實驗時滑車的加速度可利用打點計時器來測量。

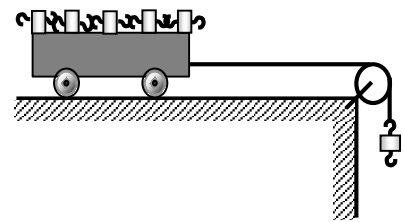


圖 12

25. 某生欲驗證「受力不變下，物體的加速度量值與其質量成反比」。在實驗過程中，該生讓繩下端只懸掛 1 個槽碼不變，而僅變動滑車上槽碼的個數，每次從滑車上移開 1 個槽碼，使系統總質量分別為

$$M_t = M + 6m, M + 5m, M + 4m, M + 3m, M + 2m, M + m,$$

測得對應的加速度量值 a 。其數據如表 3 所示：

表 3

$$M = 0.50 \text{ kg} \quad m = 0.10 \text{ kg}$$

	$M + 6m$	$M + 5m$	$M + 4m$	$M + 3m$	$M + 2m$	$M + m$
M_t (kg)	1.10	1.00	0.90	0.80	0.70	0.60
a (m/s^2)	0.89	0.98	1.09	1.22	1.40	1.63

請利用表 3 中的數據在答題卷畫出適當的圖線，並簡要說明所作之圖線可以明確驗證物體的加速度量值 a 與質量 M_t 成反比。（6 分）

26. 欲利用圖 12 的裝置進行實驗，以驗證「在質量不變下，物體所受的作用力量值 F 與其加速度量值 a 成正比」，其主要步驟有二，試完成步驟一的內容。（2 分）

步驟一：

_____。

測量不同作用力量值 F 與其對應的加速度量值 a 。

步驟二：作 F 對 a 的數據圖線。