

一、單選題：

- () 1. 電影「海角七號」的背景故事，以情書描述六十多年前日本人撤離臺灣，一名日本籍老師搭船離開臺灣，與他在臺灣的戀人分離的感人故事。情書中提到了如下的一些自然界現象：

「一九四五年十二月二十五日。友子，太陽已經完全沒入了海面，我真的已經完全看不見臺灣島了，你還站在那裡等我嗎？……第三天，該怎麼克制自己不去想你，多希望這時有暴風……十二月的海總是帶著憤怒……傍晚，已經進入了日本海……記得你才是中學一年級小女生時，就膽敢以天狗食月的農村傳說，來挑戰我月食的天文理論嗎？……遇見了要往臺灣避冬的烏魚群……友子，我已經平安著陸，七天的航行，我終於踏上我戰後殘破的土地……祝你一生永遠幸福！」。

此一由臺灣出發到日本的航程，跨越的經度與緯度大約分別為 15° 與 10° 。已知地球赤道的周長約 4 萬公里，則此船的速度在由南往北的分量，平均約為多少公里/時？

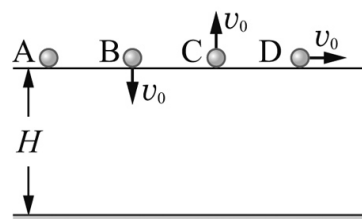
(A)7 (B)21 (C)42 (D)70

- () 2. 附圖是高雄小港機場裡的一段水平輸送帶，方便旅客通行用，今天有個旅人他想要估算這條輸送帶大約的長度，他從一端順著輸送帶運行的方向走進去後持續步行，30 秒後從另一端走出來，他步行的速率每秒約 1.5 公尺，而觀察輸送帶的速率每秒也是約 1.5 公尺，請問這條輸送帶大約多少公尺？



(A)45 (B)90 (C)120 (D)150 (E)180

- () 3. 如附圖所示，有 A、B、C、D 四顆相同的小球，均離地 H 高處，同時作四種不同運動：A 球：自由落體運動；B 球：初速 v_0 的鉛直下拋運動；C 球：初速 v_0 的鉛直上拋運動；D 球：初速 v_0 的水平拋射運動。其中 B、C、D 三球的初速 v_0 量值均相等，若不計一切阻力，設重力加速度為 g 。若 A、B、C、D 四球的落地時間分別為 t_A 、 t_B 、 t_C 、 t_D ，則：



(A) $t_A = t_B = t_C = t_D$ (B) $t_B < t_D = t_A < t_C$ (C) $t_D < t_A < t_B < t_C$

(D) $t_B < t_D < t_A < t_C$ (E) $t_A = t_D < t_B < t_C$

- () 4. 高雄 85 大樓於 1999 年竣工，為當時臺灣第一高樓，目前為南臺灣最高之摩天大樓。位於 74F 觀景台擁有 3 臺總造價達一億四千萬的星光高速電梯，最高速度可達每分鐘 600 公尺，從 1~75F 僅需 43 秒。今天邁邁想帶女兒去搭星光高速電梯，若電梯由 1 樓至 48 樓為等加速運動，且在 48 樓時達到最高速度，邁邁由 1 樓開始計時，到 48 樓時花了 30 秒，請問：此電梯由 1 樓至 48 樓之平均加速度量值約為何？

(A) 0.3 m/s^2 (B) 0.8 m/s^2 (C) 1.6 m/s^2 (D) 2 m/s^2 (E) 2.5 m/s^2

二、題組：

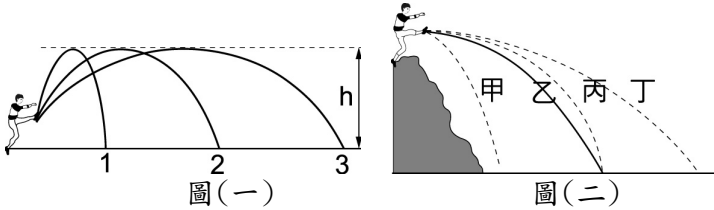
1. 有一虛擬實鏡的電玩遊戲，模擬球員踢出三次足球的路徑如附圖(一)所示。在設計足球的路徑時，是將足球的運動分解為水平運動分量與垂直運動分量，且水平方向是垂直方向的運動各自獨立。試回答(1)~(3)題：

() (1) 在不考慮空氣阻力情況下，下列何者符合實際物理情境？ (A)附圖中標示 1 的足球由最高點至落地時間最長 (B)附圖中標示 2 的足球由最高點至落地時間最長 (C)附圖中標示 3 的足球由最高點至落地時間最長 (D)附圖中的三條路徑，足球由最高點至落地時間皆相同

() (2) 比較附圖(一)中三次足球在踢出時的初速度量值大小，下列何者與實際物理結果相

符？ (A)標示 1 的足球其初速度量值最大 (B)標示 2 的足球其初速度量值最大 (C)標示 3 的足球其初速度量值最大 (D)三次足球的初速度量值皆相同

() (3) 程式設計師考慮模擬不同星球環境下的重力場效應，在地球上的足球發射路徑如附圖(二)中乙所示。如果改為在月球上（垂力為地球的 $1/6$ 倍），則相同足球發射後的路徑最接近附圖(二)哪一路徑所示？ (A)甲 (B)乙 (C)丙 (D)丁



2. 在伽利略研究自由落體運動的過程中，斜面實驗具有非常重大的意義。這可從他於 1591 年寫下《論運動》的書中看出，他對斜面實驗有濃厚的興趣。書中有一段話寫道：

同樣的重量用斜面提升比垂直提升可以少用力，這要看垂直提升與傾斜提升的比例。因此，同一重物垂直下落比沿斜面下降具有更大的力，這要看斜面下降的長度與垂直下落的長度成什麼樣的比例。

根據上文的敘述可以知道：力的大小與斜度為一定比例，自由落體運動的研究就可以用斜面來代替。按一定比例減少作用的力並延長運動的距離就可以比自由落體更有效地研究運動的規律。

從伽利略的手稿中可以找到一些證據，證明伽利略曾做過斜面實驗。其中有一頁手稿上記錄有如下數據：

時間	1	2	3	4	5	6	7	8
距離	32	130	298	526	824	1192	1600	2104
X	1	4	9	16	25	36	49	64

經過查核伽利略選取的長度單位是 punti，1punti 大約等於 $29/30$ 毫米，最大的距離為 2104 punti，相當於 2 公尺。而時間可能是利用樂器的節拍報時，這個實驗不需要知道時間的絕對值，根據節拍把銅球擋住就可以了。

此時伽利略還沒有確定時間平方關係，記錄上的第三列數據 X (1、4、9、16、...、64) 是後來加上去的。而且距離數據有幾個地方塗改，似乎是在實驗之後對數據做了修正。然而可以看出時間平方與移動距離之間的關係並不是由此次實驗獲得，而是伽利略從別的地方有了假設，再以實驗驗證。請根據以上文章的敘述，回答下列問題：

() (1) 在伽利略的斜面運動數據中，後來加上的第三列的數據 X ，恰為第一列「時間」的平方值，請問伽利略可能是如何得出數據 X 的？ (A)將第二列的「距離」除以第一列的「時間」 (B)將第一列的「時間」除以第二列的「距離」 (C)將第二列的「距離」開根號 (D)將第二列「距離」各數據的比例求出 (E)將第一列的「時間」直接平方

() (2) 伽利略認為斜面運動與自由落體運動非常相似，因此以斜面運動代替自由落體以進行研究，請問本文章中的數據可以間接驗證下列哪一個物理公式？ (A)末速與時間關係： $v = v_0 + at$ (B)位移與時間關係： $S = v_0 t + (0.5)at^2$ (C)末速、初速與位移關係： $v^2 = v_0^2 + 2aS$ (D)牛頓第二運動定律： $F = ma$ (E)虎克定律： $F = kx$

() (3) 小明看過文章的敘述後，打算按照伽利略當時使用的長度單位與時間單位去測量自由落體運動，並依伽利略的數據格式記錄下來。請問他記錄的數據與伽利略的數據相較，最可能出現下列何種變動？ (A)若「時間」與伽利略的數據相同，則「距離」數據會較小 (B)若「距離」與伽利略的數據相同，則「時間」數據會較小 (C)若「時間」與伽利略的數據相同，則「 X 」數據會較大 (D)若「距離」與伽利略的數據相同，則「 X 」數據會較小 (E)若「 X 」與伽利略的數據相同，則「距離」數據會較小

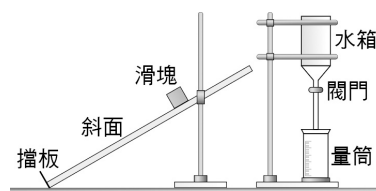
3. 林先生開車到臺中拜訪朋友，當他轉彎進入一條水平的小路時，突然看到一位小男孩出現在車前。林先生見狀緊急踩住煞車，導致車輪鎖死不轉動，並在街道上留下 12 公尺長的筆直煞車痕。路旁一位警察聽到刺耳煞車聲後，趕到林先生車前說明這條路的速限為每小時 50 公里（約 14 m/s），並給了他一張超速罰單。飽受驚嚇的林先生冷靜下來後，開始思考這張罰單是否合理。請根據以下各小題中的敘述回答問題：

() (1) 若路旁的目擊證人陳先生指出，他聽到的煞車聲長達 2.0 秒；而另一位目擊證人張先生則認為他聽到的煞車聲僅有 1.2 秒。則林先生應採認哪一位目擊證人的說詞，才能向監理站申訴這張罰單並不合理呢？ (A) 應採認陳先生的說詞，因為其說詞可以證明煞車前車速為 12 m/s，並未超速 (B) 應採認張先生的說詞，因為其說詞可以證明煞車前車速為 10 m/s，並未超速 (C) 應採認張先生的說詞，因為其聽到的煞車聲較短，代表煞車前車速較低 (D) 陳先生與張先生的說詞均可採認，因為兩者說詞均可證明煞車前車速低於速限 (E) 陳先生與張先生的說詞均無法得出煞車前車速為何，對申訴並無助益

() (2) 終於經過調查後，林先生進一步發現，當時輪胎與路面的靜摩擦係數為 0.8，動摩擦係數為 0.6，車子的質量是 1600 公斤，林先生的質量為 70 公斤，重力加速度約為 10 m/s^2 。此外，他在物理相關書籍中讀到摩擦力的計算方式：最大靜摩擦力 = 正向力 \times 靜摩擦係數，動摩擦力 = 正向力 \times 動摩擦係數。經由以上的數據與數學式判斷，請問林先生是否應向監理站申訴這張罰單並不合理呢？ (A) 這張罰單合理，林先生煞車前的車速為 20 m/s，因此超速 (B) 這張罰單合理，林先生煞車前的車速為 15 m/s，因此超速 (C) 這張罰單不合理，林先生煞車前的車速為 12 m/s，因此未超速 (D) 這張罰單不合理，林先生煞車前的車速為 8 m/s，因此未超速 (E) 數據不足，因此無法判斷

4. 伽利略在《兩種新科學的對話》一書中，討論了自由落體運動和物體沿斜面運動的問題，提出了這樣的猜想：物體沿斜面下滑是一種等加速直線運動，同時他還運用實驗驗證了其猜想。

佩安依據伽利略描述的實驗方案，設計了附圖的裝置，探究物體沿斜面下滑是否作等加速直線運動。實驗時讓滑塊從某高度由靜止沿斜面下滑，並同時打開閥門，使水箱的水流到量筒中；當滑塊碰到擋板的同時關閉閥門（整個過程中水流可視為均勻穩定的）。改變滑塊起始高度，重複以上操作



(1) 該實驗設計的方案是利用量筒中收集的水量來測量滑塊的哪個物理量？

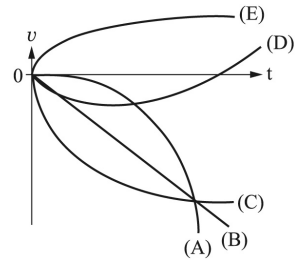
(A) 時間 (B) 末速度 (C) 加速度 (D) 下滑距離 (E) 質量

附表是佩安測得的有關資料，其中 S 為滑塊從斜面的不同高度由靜止釋放後沿斜面下滑的距離， V 為相應過程量筒收集的水量。分析表中資料，則 S 與 V 為何關係，可以得出滑塊沿斜面下滑是作等加速直線運動的結論：

次數	1	2	3	4	5	6	7
S (m)	4.5	3.9	3.0	2.1	1.5	0.9	0.3
V (mL)	90	84	72	62	52	40	23.5

(A) $SV = \text{定值}$ (B) $SV^2 = \text{定值}$ (C) $\frac{S}{V} = \text{定值}$ (D) $\frac{S^2}{V} = \text{定值}$ (E) $\frac{S}{V^2} = \text{定值}$

5. 2012 年 10 月 15 日奧地利極限運動家鮑姆加特納 (Felix Baumgartner) 穿著特製的太空衣和戴上頭盔乘坐一個有五十五層樓高的巨型氦氣球吊著的太空艙，經過近兩個多小時飛行後，到達 36 公里的高空中並以初速為零一躍而下，且在下落的過程中超過音速（因為在高空氣壓稀薄，溫度低，所以當時音速是 300 m/s，因此高空中的音速較平地附近更容易被超越）：



(1) 請估算他落下多少 m 距離後到達音速？ ($g=10 \text{ m/s}^2$)

(A) 10 (B) 300 (C) 350 (D) 450 (E) 4500

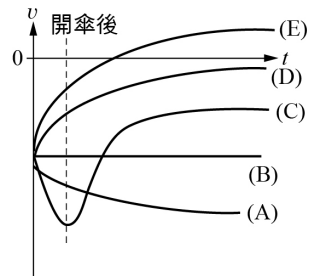
(2) 若突破音障後考慮阻力的緣故，無法持續的加速下去，請問附圖中哪條較接近突破音障後的情況？

(負號代表向下，請直接選取線的代號作答)

(3) 如果在超過音障後降落傘開傘，因為表面積大幅增加，阻力也大幅增加，阻力與重力達到力平衡後，人不再加速，則保持等速運動（此速度稱為終端速度），若開傘後 1 分鐘達到可安全著地的終端速度 2 m/s，請問這段期間內的平均加速度量值約為多少 m/s^2 ？（設空氣中的聲速為 300 m/s）

(A) 5 (B) 10 (C) 20 (D) 40 (E) 60

(4) 承上題，開傘後的速度 (v) - 時間 (t) 關係圖較接近附圖中的哪條曲線？



6. 閱讀下述文章後，回答下列問題：

在臺灣，每逢夏秋兩季，便會有颱風侵襲，而颱風的氣流旋轉總是逆時鐘方向旋轉。而遠在距離臺灣一萬公里左右的地中海岸，每逢冬季便會吹起西風，帶來豐沛的雨水，形成獨特的地中海型氣候。相隔一萬公里的兩種氣候，其實都和科氏力息息相關，而科氏力的產生，事實上是因為地球自轉與慣性（牛頓第一運動定律），我們可以利用一個簡單的模型，並應用慣性定律理解科氏力，假定我們在赤道，放置一個砲台，並將炮口對準北方，發射一顆砲彈。因為地球自轉的因素，赤道的物體之運動速度總是比高緯度的物體之運動速度來的快（若物體相對於地面沒有運動）。因此，當我們發射砲彈時，砲彈因為慣性在空中運動的過程，仍會保有赤道的速度。當砲彈要落地時，落地點的經度會往東偏，在赤道的砲台，觀察砲彈的落地點，會感覺砲彈似乎受到一個往東的力量，而這股假想的力量就是科氏力，科氏力並非真實存在的力，而是因為在不同的觀察者坐標中，所產生的一種現象。再讓我們重新思考，如果在地球上有一股氣流由赤道往北吹，那麼我們則會因科氏力感受到風往東偏，如此便能順利解釋氣流在地球上轉彎的現象。

() (1) 請問科氏力的成因，主要是因為地球自轉與下列牛頓的哪一項貢獻有關？ (A) 牛頓第一運動定律 (B) 牛頓第二運動定律 (C) 牛頓第三運動定律 (D) 萬有引力定律

() (2) 根據上文，若在赤道上，架設一砲台，往南發射砲彈，試問砲彈落地點之經度相較於原砲台位置？ (A) 偏東 (B) 偏西 (C) 與原砲台位置相同 (D) 偏北 (E) 無法判斷

() (3) 已知行星風系理論（假定地軸不傾斜），假設受太陽直射處為低壓帶，且低壓上升之氣流，每隔緯度 30 度，會進行沉降產生高壓，而氣流在由高壓帶往低壓帶流動的過程中，約每隔緯度 30 度，會因地表增溫而形成低壓，又氣流由高壓往低壓流動，試問吹起西風的區域約位於緯度幾度到幾度之間？ (A) 北緯 5 度至 15 度 (B) 北緯 20 度至 30 度 (C) 北緯 40 度至 50 度 (D) 北緯 55 度至 65 度 (E) 北緯 65 度至 75 度

7. 近年來，為了因應全球暖化與空氣污染問題日益嚴重，倡議綠色交通的聲音開始在臺灣社會開始浮現，其中，「腳踏車」(又稱自行車)是最常為人重視與期待的項目之一。各縣市政府對於自行車道與自行車環境的投資以及推廣與日俱增，對自行車產業與觀光旅遊的參與度更是積極。而民間自行車協會也推出「一日北高 380 公里」的活動，限時 18 小時內，由臺北騎腳踏車到高雄，路程 380 公里，於時限內完成者可獲的主辦單位認證。

這天，愛好健康與環保的甲也參加了一日北高的活動。清晨 5:00 從臺北騎腳踏車出發，沿著路線圖(如右圖所示)騎向高雄，途中有上坡也有下坡，路線有時彎曲，有時筆直。直線上坡時，需費力踩踏才能維持等速前進；直線下坡時，不須踩踏就能等速前進。除起點與終點外，路途中有數個休息站可以短暫停留，最後甲於隔日凌晨 0:00 到達高雄的終點站，雖然超過時限沒有獲得認證，但也完成了一日北高的挑戰。依據上文所述，試回答下面題目：



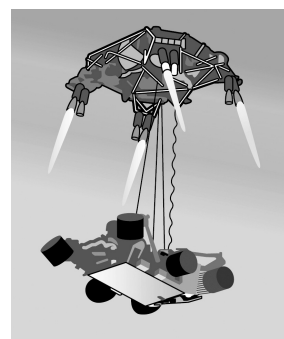
() (1) 關於甲由臺北騎車到高雄過程的敘述，下列選項哪些正確？(應選 2 項) (A) 全程平均速度為 20 公里/小時 (B) 全程平均速率為 20 公里/小時 (C) 扣除休息時間，騎乘平均速率為 20 公里/小時 (D) 扣除休息時間，騎乘平均速率大於 20 公里/小時 (E) 扣除休息時間，騎乘平均速率小於 20 公里/小時

() (2) 關於甲騎車上坡與下坡做等速移動時，若不考慮空氣的影響，腳踏車後輪所受地面摩擦力方向的敘述，下列哪些正確？(應選 2 項) (A) 上坡時，受地面摩擦力向前 (B) 上坡時，後輪受地面摩擦力向後 (C) 下坡時，後輪受地面摩擦力向前 (D) 下坡時，後輪受地面摩擦力向後 (E) 下坡時，後輪不受地面摩擦作用

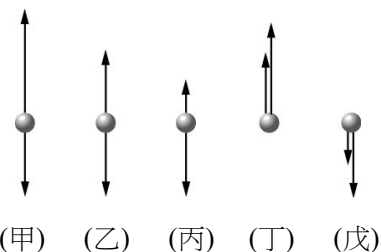


8. 隨著科技進步，登陸火星的方式也日新月異，2012 年美國太空總署 (NASA) 設計製作一個歷來最大且最強的超音速緩降器。於接近火星地表，「太空起重機」以纜繩懸吊緩降，以反向火箭推進器協助「好奇號」探測車減速，以至降落火星表面。

「好奇號」本體總質量 900 公斤，從剛進入火星大氣層表面，時速高達 2 萬 1000 公里，以至降落火星地表的過程達 7 分鐘。這成敗關鍵的「恐怖 7 分鐘」，NASA 科學家完全插不上手，甚至無法及時目睹，所幸成功降落。



() (1) 在接近地表的階段，「好奇號」探測車減速過程，其主要受到纜繩張力及火星重力的作用，並以箭頭方向及線段長短代表其受力情形，可以右圖中哪個圖形表示？ (A) (甲) (B) (乙) (C) (丙) (D) (丁) (E) (戊)



() (2) 「好奇號」本體由進入火星大氣層，以至降落火星表面的過程，所受平均力的大小約為多少牛頓？ (A) 1.38 牛頓 (B) 1.25×10^4 牛頓 (C) 5.0×10^4 牛頓 (D) 4.5×10^6 牛頓 (E) 1.25×10^7 牛頓

三、非選題：

1. 某物體做加速度運動，其運動的軌跡分布情形如附圖所示（每兩點間的時間間隔為 $1/20$ 秒），試求：

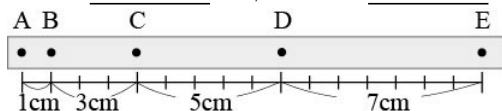
(1) BC 間的平均速度是_____ cm/s；CD 間的平均速度是_____ cm/s。

(2) 該物體加速度量值為_____ cm/s^2 。

(3) 圖示各點速度為：

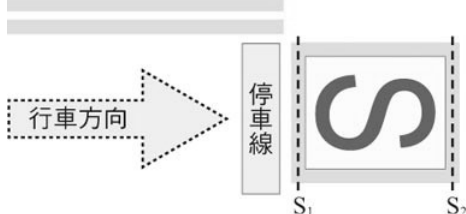
$v_A =$ _____ cm/s， $v_B =$ _____ cm/s， $v_C =$ _____ cm/s，

$v_D =$ _____ cm/s， $v_E =$ _____ cm/s。

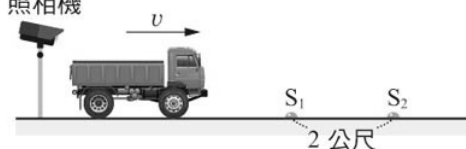


四、混合題：

1. 新年度開始，交通部擬在全國重要交通要道、廣場前路口的地面埋設一 S 線圈（感應線圈），日後民眾可以看到地上寫著大大的 S 字型，俯視圖如下圖(a)所示。 S 線圈的功用除了可以照相取締車輛超速之外，還可以連接交通號誌，進行越線停車、闖紅燈等取締。 S 線圈取締超速的原理如下：如下圖(b)所示，一組 S 線圈分成前後兩個線圈，當汽車前輪壓過第一個線圈 S_1 後即開始計時，前輪再壓到第二個線圈 S_2 時則停止計時，系統會計算這兩個線圈距離與通過時距的關係，若計算結果為超速，則會啟動附近的固定式照相機拍照。



圖(a)
照相機



圖(b)

() (1) 一輛質量為 1000 公斤的汽車，其煞車系統最多可以提供 5000 牛頓的作用力；若此汽車正以時速 36 公里的速度前進，而路口紅燈已經亮起，該駕駛員依經驗衡量最少必須於線圈前多遠處踩下煞車，才能避免因越線停車而被拍照取締？

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

() (2) 若 S 線圈區域地面動摩擦係數為 0.4，該汽車強行穿越，在通過線圈區域時因受滑動摩擦力作用使輪胎升溫約為若干 $^{\circ}\text{C}$ ？（輪胎總質量佔全車重量 $1/25$ 、比熱為 $5 \text{ kJ/kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$ ）

(A) 0.0004 (B) 0.004 (C) 0.04 (D) 0.4 (E) 4

(3) 設該路段行車時速只要超過 60 公里/小時就會被拍照取締，右表所示為四部汽車由系統測得的通過時間，試問哪一部汽車可以安全通過？

汽車	通過時間
甲	0.09秒
乙	0.11秒
丙	0.13秒
丁	0.15秒

2. 實驗目的：

1. 探討慣性與牛頓運動定律的關連，著重於物體受力的「果」，為受力這個「因」所造成的。
2. 探討摩擦力基本特性。

材料清單：

品名	數量	品名	數量
極細橡皮筋(金紙用)	1 包	直尺(需有刻度)	1 支
大象棋、小象棋	各 5 個	電子秤	1 台
剪刀	1 把	迴紋針(大)	1 支
砂紙	若干張(不同號數)	雙面膠	1 捲

操作步驟：

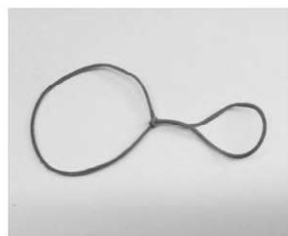
步驟 1 取數個同種類的象棋將砂紙剪成圓形後，以雙面膠黏於象棋底部如圖(一)。



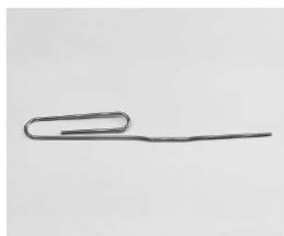
圖(一)

步驟 2 取數個同種類的象棋堆疊。

步驟 3 以橡皮筋兩條綁繫如圖(二)，迴紋針折曲如圖(三)。

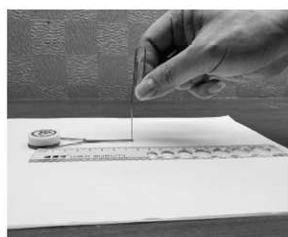


圖(二)

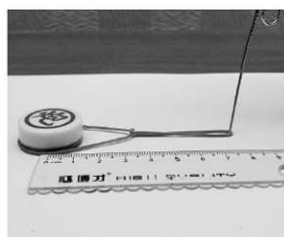


圖(三)

步驟 4 以兩條的橡皮筋串聯將象棋圈住，以迴紋針固定後測其原長如圖(四)、圖(五)。

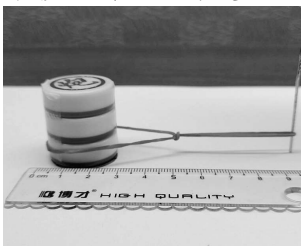


圖(四)



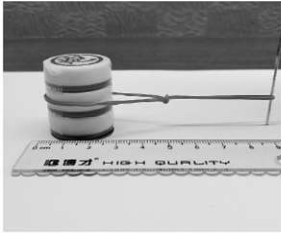
圖(五)

步驟 5 將不同個數的大象棋及小象棋堆疊成獨立塔並以膠帶固定，在影印紙上拉動看看，觀察移動瞬間，橡皮筋的伸長量為何。如圖(六)。

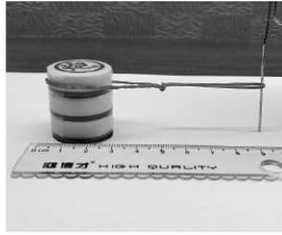


圖(六)

步驟6 將橡皮筋圈住不同層，觀察移動瞬間，橡皮筋的伸長量有何不同？獨立塔是否會傾倒呢？還是產生滑動呢？如圖(七)、圖(八)。



圖(七)



圖(八)

步驟7 改變堆疊棋子的數量(重量)並重複步驟5~6。

步驟8 試將橡皮筋串聯條數改變，並重複步驟1~6。

步驟9 以不同的砂紙黏於象棋底部，並重複步驟1~8。

步驟10 設計不同的變因，並重複步驟1~8。

() (1) 下列有關不同個數的象棋，拉動獨立塔的實驗內容中，下列哪個是操縱變因呢？

(A) 橡皮筋的材質 (B) 象棋的質量 (C) 砂紙的種類 (D) 迴紋針的大小 (E) 橡皮筋的數量

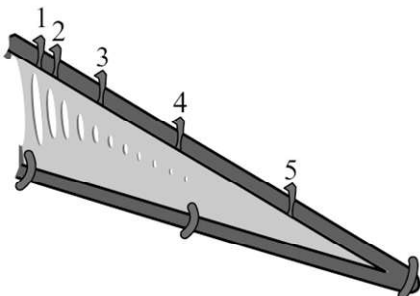
() (2) 在拉動獨立塔的實驗內容中，下列哪個情況不可能發生呢？

(A) 象棋的個數愈多，橡皮筋的伸長量愈大 (B) 愈粗糙的砂紙，橡皮筋的伸長量愈大 (C) 獨立塔以膠帶固定，橡皮筋圈住的位置愈高，產生移動時，橡皮筋的伸長量愈大 (D) 獨立塔以膠帶固定，橡皮筋圈住的位置愈高，愈容易產生傾倒 (E) 獨立塔不以膠帶固定，橡皮筋圈住的位置不同，有可能產生象棋上下滑動的現象

(3) 象棋的個數固定，串聯的橡皮筋愈多，橡皮筋的總伸長量是否愈大？就你的實驗觀察，總伸長量與橡皮筋的數量是什麼關係呢？試簡單描述。

3. 三百多年前，伽利略就已開始研究等加速度運動的問題。在他所著的「兩種新科學對話」一書中，具體介绍了他的推論過程和實驗方法。自由落體的速度相當快，以當時的實驗設備，伽利略無法直接測量物體的瞬時速度，因此很難辨別物體的運動是否為等加速度運動，其巧妙地利用斜面來「沖淡」重力，以「放慢」物體的運動，因此斜面實驗就能模擬物體的自由下落，但彷彿稀釋了重力的影響。同時，為了要減小物體與接觸面然而之間的摩擦，他使用圓球滾落斜面，將滑動改成滾動，這樣就可以減少摩擦力的作用。若物體自靜止作等加速運動，則其位移與所經歷時間的平方成正比。因此不需要去測量速度，只要測量物體經過不同位移所需要的時間，就可據以判斷物體是否作等加速運動。

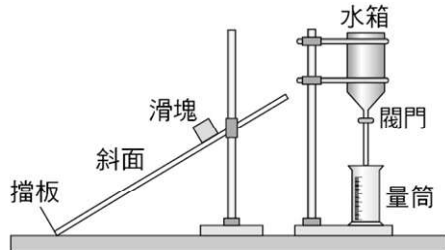
如附圖所示，為義大利自然科學博物館(Institute and Museum of the History of Science, Florence, Italy) 館藏的帶鈴斜面。當圓球滾下斜面時，撞擊小鈴鐺發聲，即可驗證下滑的距離與時間平方成正比。此相傳為伽利略的斜面實驗；但沒有證據顯示伽利略曾製作或使用過這個實驗器材。



() (1) 由上圖中所呈現。當圓球自靜止由編號1的鈴鐺滾下光滑斜面，若撞擊小鈴鐺發聲的時間間隔相同，則1~5之相鄰兩鈴間的距離比約為何？

(A) 1:2:3:4 (B) 1:3:5:7 (C) 1:4:9:16 (D) 1:5:10:15 (E) 以上皆非

(2) 小南依據伽利略描述的實驗方案，另設計了如下圖所示的裝置，探究物體沿斜面下滑是否作等加速直線運動。實驗時，讓滑塊從某一高度由靜止沿斜面下滑，並同時打開裝置中的閥門，使水箱中的水流到量筒中；當滑塊碰到擋板的同時關閉閥門（整個過程中水流可視為均勻穩定的）。改變滑塊起始位置的高度，重複以上操作。下表是小南測得的有關資料，其中操作變因 S 為滑塊從斜面的不同高度由靜止釋放後沿斜面下滑的距離，應變變因 V 為相應過程量筒收集的水量。



次數	1	2	3	4	5	6	7
S (m)	4.5	3.9	3.0	2.1	1.5	0.9	0.3
V (mL)	90	84	72	62	52	40	23.5

若探究該實驗設計的方案，猜測是利用量筒中收集的水量來測量滑塊的哪個物理量呢？說說你的看法。

() (3) 依據上題的推論並分析表中資料，下列何者可以得出滑塊沿斜面下滑是作等加速直線運動的結論？

(A) S 與 V 是正相關的，且 S 、 V 成正比 (B) S 與 V 是正相關的，且 S 、 V^2 成正比 (C) S 與 V 無關聯性 (D) S 與 V 是負相關的，且 S 、 V 成反比 (E) S 與 V 是負相關的，且 S 、 V^2 成反比

解析”

一、單選題：

1. (A)

解析：求南往北的速度分量，故僅考量緯線上的位移，

假設地球為正圓球體，則： $v = \frac{S}{t} = \frac{40000 \times \frac{10}{360}}{7 \times 24} = 6.6 \text{ (km/hr)}$ ，故選(A)。

2. (B)

解析：該旅人相對地面的速度為每秒 3 公尺，故 30 秒後他前進的距離為 90 公尺，因此輸送帶的長度約為 90 公尺長。

3. (B)

解析：落地時間與鉛直方向的速度分量及高度有關，高度相同，有向上速度分量者，落地時間長，因此選(B)。

4. (A)

解析：最高速度每分鐘 600 公尺 = 600 (公尺/60 秒) = 10 (m/s) 加速度 = 速度變化量 ÷ 時間 = (10 - 0) ÷ 30 = 0.3 (m/s²)。故選(A)。

二、題組：

1. 答案：(1)(D)；(2)(C)；(3)(D)

解析：(1)由於 3 次最高點距地高度相同，故落地時間也相同；(2)由於標示 3 的足球踢得最遠，故初速最大；(3)若在月球上，落地時間變長了，水平位移會增加，故較接近路徑丁。

2. 答案：(1)(D)；(2)(B)；(3)(B)

解析：(1)若將第二列的「距離」除以 32，即第二列的第一項，則可以得到相當接近第三列數據 X 的數據，故數據 X 為第二列「距離」各數據的比例。

(2)由於第三列的數據 X 即為第二列的「距離」比例，可以看出 X 恰為第一列「時間」的平方，即「距離」與「時間」的平方成正比，因此符合等加速度運動中，初速為 0 的位移與時間關係： $s = (0.5)at^2$ ，故選(B)。

(3)與伽利略的斜面運動實驗相較，自由落體運動的加速度較大，根據等加速度運動公式 $s = (0.5)at^2$ ，各選項的情形應為：(A)若時間相同，自由落體的位移會較斜面運動大，故此選項錯誤；(B)若距離相同，自由落體的時間會較斜面運動小，故此選項正確；(C)若時間相同，自由落體的位移會較大，但各個位移間的比例（即數據 X）仍為時間的平方，數據 X 不變，故此選項錯誤；(D)若距離相同，則各距離的比例不變，即數據 X 不變，故此選項錯誤；(E)承(C)，即使自由落體的位移較大，但各位移間的比例仍為時間的平方，因此數據 X 相同並無法確定距離是否較大或較小，故此選項錯誤。

3. 答案：(1)(A)；
(2)(C)

解析：(1) 假設林先生踩住煞車後，車輪的摩擦力會使車子獲得固定加速度而使車子停下，故車子的運動情形符合等加速度運動公式： $\Delta x = (v + v_0) \times t / 2$ 。已知煞車後車子滑行距離 Δx 為 12 公尺，且車子末速 v 為 0，則兩位目擊證人說詞中的煞車時間（煞車聲） t 可決定煞車前的車速 v_0 。其中陳先生聽到的煞車聲時間 2.0 秒，代入算式可得 v_0 為 12 m/s，代表林先生未超速；而張先生聽到的煞車聲時間 1.2 秒，代入算式可得 v_0 為 20 m/s，代表林先生已超速。）

(2) 煞車時車子會受到動摩擦力而獲得加速度，根據牛頓第二定律，其受力與加速度關係可以寫成動摩擦力 = 正向力 \times 動摩擦係數 = $mg \times$ 動摩擦係數 = ma ，因此車子加速度為 $a = g \times$ 動摩擦係數 = $10 \times 0.6 = 6 \text{ m/s}^2$ 。已知車子末速 v 為 0，位移為 12 m，加速度 a 為 -6 m/s^2 （與速度方向相反），代入等加速度運動公式 $v^2 = v_0^2 + 2a\Delta x$ ，可得初速 v_0 為 12 m/s，故選(C)。

4. 答案：(1)(A)；(2)(E)

解析：(1) 由於整個過程中水流可視為均勻穩定的，代表單位時間內落下的水量會是定值。故水量愈多、時間愈長，水量與時間成正比 $S \propto V$ 。

(2) 滑塊從某一高度由靜止沿斜面下滑，根據等加速度公式 $S = \frac{1}{2}at^2$ ，由前題可得水量與時間成正比

$$V \propto t \Rightarrow \frac{S}{V^2} \propto \frac{S}{t^2} = \frac{1}{2}a = \text{定值}。$$

次數	1	2	3	4	5	6	7
S (m)	4.5	3.9	3.0	2.1	1.5	0.9	0.3
V (mL)	90	84	72	62	52	40	23.5
$\frac{S}{V^2} \times 10^{-4}$	5.6	5.5	5.8	5.5	5.6	5.6	5.4

5. 答案：(1)(E)；(2)(C)；(3)(A)；(4)(C)

解析：(1) 自由落體運動，且要突破音障，可知末速到達音速即可。代入 $v^2 = v_0^2 - 2gh$ ， $300^2 = -2 \times 10 \times h$ ，

得 $h = -4500$ (m) (負號代表位移向下)。

(2) 因為有阻力作用，所以合力接近 0，加速度也接近 0，速度逐漸成為定值，故選(C)。

(3) 由平均加速度定義， $|\vec{a}| = \left| \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \right| = \left| \frac{2-300}{60} \right| \approx 4.97 \approx 5 \text{ (m/s}^2\text{)}$

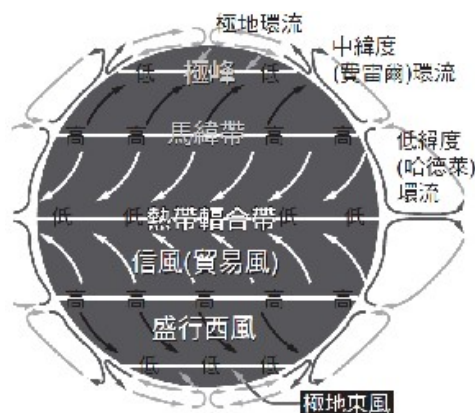
(4) 開傘後阻力大增，人會先向上加速，造成速度向下減緩達到一平穩值，故(C)選項最符合此情況。

6. 答案：(1)(A)；(2)(A)；(3)(C)

解析：(1) 由文章中可知科氏力的成因與牛頓第一定律（慣性）最有關。

(2) 因赤道線速度較大，故砲彈落底點會略偏東。

(3) 根據行星風系，吹起西風的地方就是西風帶，約在北緯 30 度至 60 度中間（在地軸不傾斜時）。



7. 答案：(1)(B)(D)；
(2)(A)(D)

解析：(1)(A)錯，因位移比路徑長 380 公里短，故平均速度比 20 公里／小時少。(B)對，全程平均速率 = $\frac{\text{路徑長}}{\text{時間}} = \frac{380 \text{ 公里}}{19 \text{ 小時}} = 20 \text{ 公里／小時}$ 。(C)(D)(E)，扣除休息時間，騎乘時間較 19 小時短，故騎乘時平均速率大於 20 公里／小時，故選(D)。

(2)(A)(B)，上坡時，因等速移動合力為零。後輪受地面摩擦力向前（即沿斜坡向上），以抵銷重力平行斜面的分力（即下滑力），選(A)。(C)(D)(E)，下坡時，因等速移動合力為零。後輪受地面摩擦力向後（即沿斜坡向上），以抵銷重力平行斜面的分力（即下滑力），選(D)。

8. 答案：(1)(A)；
(2)(B)

解析：(1)外力合力不為零時，會對物體造成加速度。纜繩張力給予「好奇號」的力向上，「好奇號」受到火星重力向下，且為減速過程，故合力向上。故選(A)。

(2)900 公斤的「好奇號」，在 7 分鐘內由時速 2 萬 1000 公里減速至零，故： $m \times \frac{|\Delta v|}{\Delta t} = \frac{900 \times |0 - 2.1 \times 10^7 / 3600|}{7 \times 60} = 1.25 \times 10^4 \text{ (N)}$ 。故選(B)。

三、非選題：

1. 答案：(1)60，100；(2)800；(3)0，40，80，120，160

解析：(1)依題圖建立表格，分析平均加速度：

	A～ B	B～ C	C～ D	D～ E
$\Delta x \text{ (cm)}$	1	3	5	7
$\Delta t \text{ (s)}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{20}$
$v \text{ (}\frac{\text{cm}}{\text{s}}\text{)}$	20	60	100	140

$$\therefore \overline{v_{BC}} = 60 \frac{\text{cm}}{\text{s}} ; \overline{v_{CD}} = 100 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

$$\begin{aligned}
 (2) \text{ 依 } \boxed{\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}} & \left\{ \begin{aligned} \bar{a}_{AC} &= \frac{60-20}{\left(\frac{1}{20}\right)} = 800 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2} \\ \bar{a}_{BD} &= \frac{100-60}{\left(\frac{1}{20}\right)} = 800 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2} \quad \text{平均加速度} \rightarrow \bar{a} = 800 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2} \\ \bar{a}_{CE} &= \frac{140-100}{\left(\frac{1}{20}\right)} = 800 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2} \end{aligned} \right. \\
 (3) \text{ 依 } \boxed{\bar{v} = \frac{v_0 + v}{2}} & \left\{ \begin{aligned} v_B &= \frac{20+60}{2} = 40 \frac{\text{cm}}{\text{s}} \\ v_C &= \frac{60+100}{2} = 800 \frac{\text{cm}}{\text{s}} \\ v_D &= \frac{100+140}{2} = 120 \frac{\text{cm}}{\text{s}} \end{aligned} \right. \\
 \text{由 } \boxed{\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}} \quad a &= \frac{v - v_0}{t} \Rightarrow v = v_0 + at \\
 \text{又 } at &= 800 \times \frac{1}{20} = 40 \left\{ \begin{aligned} v_B &= v_A + at \Rightarrow v_A = 0 \frac{\text{cm}}{\text{s}} \\ v_E &= v_D + at \Rightarrow v_E = 160 \frac{\text{cm}}{\text{s}} \end{aligned} \right.
 \end{aligned}$$

四、混合題：

1. 答案：(1)(B)；(2)(C)；(3)丙、丁兩車

解析：(1)(B)○ 依 $\boxed{F=ma}$ $5000 = 1000 \times a \Rightarrow a = 5 \text{ m/s}^2$

$$\text{依 } \boxed{v^2 = v_0^2 + 2aS} \quad v = 36 \frac{\text{km}}{\text{hr}} = \frac{36000\text{m}}{3600\text{s}} = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad 0 = 10^2 + 2(-5) \cdot S$$

$\therefore S = 10 \text{ m}$ 。故選(B)。

(2)(C)○ 依 $\boxed{f_k = \mu_k \cdot N}$ $f_k = 0.4 \times 10000 = 4000 \text{ N}$

$$\text{由 } \boxed{W_{\text{摩擦}} = H_{\text{熱}}} \quad 4000 \times 2 = \left(1000 \times \frac{1}{25}\right) \times 5000 \times \Delta t \Rightarrow \Delta t = 0.04^\circ\text{C}。 \text{故選(C)。}$$

$$(3)(1) \text{ 由 } v = 60 \frac{\text{km}}{\text{hr}} = \frac{60000}{3600} \frac{\text{m}}{\text{s}} = \frac{50}{3} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$(2) \text{ 依 } \boxed{\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}} \quad \frac{50}{3} < \frac{2}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t < 0.12 \text{ s}$$

\therefore 通過時間只要少於 0.12 秒，將會被取締；即甲、乙兩車會被取締、丙、丁兩車可以安全通過。

2. 答案：(1)(B)；(2)(C)；(3)是，正比，橡皮筋的數量愈多，總伸長量愈大

解析：(1)不同個數的象棋，象棋的質量不同。故選(B)。

(2)獨立塔以膠帶固定，橡皮筋圈住的位置高低，拉動產生移動時，橡皮筋的伸長量應大致相同。故選(C)。

(3)是，正比，橡皮筋的數量越多，總伸長量愈大。

3. 答案：(1)(B)；(2)時間；(3)(B)

解析：(1)物體在光滑斜面運動之加速度為 a ，沿斜面向下，且物體作等加速運動，取沿斜面向下為正，則相鄰兩鈴間的距離， $\Delta x = \frac{1}{2}a(nT)^2 - \frac{1}{2}a[(n-1)T]^2 = \frac{1}{2}a(2n-1)T \propto 2n-1$ ，其中 T 為週期。故選(B)。

(2)時間。於整個過程中水流可視為均勻穩定的，代表單位時間內落下的水量會是定值。故水量愈多、時間愈長，水量與時間成正比 $V \propto t$ 。

(3)操作變因 S 愈小，應變變因 V 也愈小，故為正相關。水量與時間成正比，滑塊從某一高度由靜止沿斜面下滑，根據等加速度公式 $S = \frac{1}{2}at^2$ ，可得 $V \propto t \Rightarrow \frac{S}{V^2} \propto \frac{S}{t^2} = \frac{1}{2}a = \text{定值}$ 。則 S 、 V^2 成正比。故選(B)。

評分原則：過程中，有依據愛因斯坦方程式 $E=mc^2$ ，部分可給分。

次數	1	2	3	4	5	6	7
S (m)	4.5	3.9	3.0	2.1	1.5	0.9	0.3
V (mL)	90	84	72	62	52	40	23.5
$\frac{S}{V^2} \times 10^{-4}$	5.6	5.5	5.8	5.5	5.6	5.6	5.4