中五物理練習卷：牛頓運動定律與動量

中五（S5）　物理　｜　時限：75 分鐘　｜　總分：100 分　｜　共 12 題

甲部：牛頓運動定律與力（28 分）

第 1 – 4 題：力、加速度、升降機與摩擦

1.

一輛質量 4.0 kg 的小車靜止在無摩擦水平軌道上，受一水平恆力 18 N 推動。

(a) 求小車的加速度。（2 分）
(b) 求 3.0 s 後小車的速度。（2 分）
(c) 求 3.0 s 內小車移動的距離。（1 分）

答案：

(a) 由 $F = ma$，$a = F / m = 18 / 4.0 = \mathbf{4.5\ m\,s^{-2}}$。（2 分）
(b) 由靜止起以恆加速度運動，$v = at = 4.5 \times 3.0 = \mathbf{13.5\ m\,s^{-1}}$。（2 分）
(c) $s = \tfrac{1}{2}at^2 = 0.5 \times 4.5 \times 3.0^2 = \mathbf{20.2\ m}$。（1 分）

2.

一個質量 6.0 kg 的球以動量 24 kg m s⁻¹ 向右運動。

(a) 求球的速度。（2 分）
(b) 求球的動能。（2 分）
(c) 若球在 4.0 s 內均勻減速至靜止，求作用於球的平均淨力，並指出方向。（3 分）

答案：

(a) $p = mv$，$v = p / m = 24 / 6.0 = \mathbf{4.0\ m\,s^{-1}}$。（2 分）
(b) $E_k = \tfrac{1}{2}mv^2 = 0.5 \times 6.0 \times 4^2 = \mathbf{48\ J}$。（2 分）
(c) 平均淨力 $F = \Delta p / \Delta t = 24 / 4.0 = \mathbf{6.0\ N}$，方向與運動方向相反（向左）。（3 分）

3.

一名質量 60 kg 的學生站在升降機內的磅秤上（取 $g = 9.81\ m\,s^{-2}$）。

(a) 升降機以 $2.0\ m\,s^{-2}$ 向上加速，求磅秤讀數。（3 分）
(b) 比較讀數與學生的重量，並解釋差異。（2 分）
(c) 升降機改以 $3.0\ m\,s^{-1}$ 等速上升，求讀數。（2 分）
(d) 若纜繩突然斷裂，升降機自由下落，求讀數。（1 分）

答案：

(a) 取向上為正：$R - mg = ma$，$R = m(g + a) = 60 \times (9.81 + 2.0) = 708.6\ N$（約 709 N）。（3 分）
(b) 學生重量 $W = mg = 588.6\ N$，讀數比重量大 $120\ N$，因為升降機向上加速，磅秤需提供額外向上的淨力。（2 分）
(c) 等速上升時 $a = 0$，$R = mg = 588.6\ N$。（2 分）
(d) 自由下落時 $a = g$ 向下，$R = m(g - g) = 0\ N$。（1 分）

4.

質量 10 kg 的木箱放在水平地面上，受 45 N 水平推力。木箱與地面之間的動摩擦係數為 0.25（取 $g = 9.81\ m\,s^{-2}$）。

(a) 求作用於木箱的摩擦力大小。（3 分）
(b) 求木箱的加速度。（3 分）
(c) 若水平推力增至 60 N，求新的加速度。（2 分）

答案：

(a) 正向力 $N = mg = 10 \times 9.81 = 98.1\ N$，摩擦力 $f = \mu N = 0.25 \times 98.1 = 24.5\ N$。（3 分）
(b) 淨力 $= 45 - 24.5 = 20.5\ N$，$a = \text{淨力} / m = 2.05\ m\,s^{-2}$。（3 分）
(c) 新淨力 $= 60 - 24.5 = 35.5\ N$，$a = 3.55\ m\,s^{-2}$。（2 分）

乙部：動量、衝量與碰撞（32 分）

第 5 – 8 題：碰撞、拋體、圓周運動與衝量

5.

在無摩擦水平軌道上，一輛質量 2.0 kg 的小車以 6.0 m/s 撞向一輛靜止、質量 4.0 kg 的小車，碰撞後兩車黏在一起運動。

(a) 求碰撞後兩車的共同速度。（3 分）
(b) 求碰撞前後的總動能，並求動能損失。（3 分）
(c) 解釋為何動量守恆，但動能並不守恆。（2 分）

答案：

(a) 動量守恆：$2.0 \times 6.0 = (2.0 + 4.0) \times v$，$v = 12 / 6.0 = \mathbf{2.00\ m\,s^{-1}}$。（3 分）

(b) 碰撞前 $E_k = \tfrac{1}{2} \times 2.0 \times 6.0^2 = \mathbf{36\ J}$；碰撞後 $E_k = \tfrac{1}{2} \times 6.0 \times 2.0^2 = \mathbf{12\ J}$；損失 **24 J**（66.7%）。（3 分）

(c) 碰撞過程中系統不受外力（水平方向淨外力為零），故動量守恆；但兩車黏合屬完全非彈性碰撞，部分動能轉化為熱能及形變能，故動能不守恆。（2 分）

6.

一個小球從高 1.8 m 的桌面以 5.0 m/s 水平射出（忽略空氣阻力，取 $g = 9.81\ m\,s^{-2}$）。

(a) 求小球落地的時間。（3 分）
(b) 求落點與桌面邊緣的水平距離。（2 分）
(c) 求小球落地時速度的大小及方向。（3 分）

答案：

(a) 豎直方向自由落體：$h = \tfrac{1}{2}gt^2$，$t = \sqrt{(2h/g)} = \sqrt{(2 \times 1.8 / 9.81)} = \mathbf{0.61\ s}$。（3 分）

(b) 水平方向等速：$x = 5.0 \times 0.606 = \mathbf{3.03\ m}$。（2 分）

(c) $v_y = gt = 9.81 \times 0.606 = 5.94\ m\,s^{-1}$，$v = \sqrt{(5.0^2 + 5.94^2)} = \mathbf{7.77\ m\,s^{-1}}$，與水平成 $\theta = \tan^{-1}(5.94/5.0) = \mathbf{50°}$ 向下。（3 分）

7.

一輛汽車在半徑 50 m 的水平彎路行駛，輪胎與路面之間的摩擦係數為 0.60（取 $g = 9.81\ \text{m s}^{-2}$）。

(a) 求汽車能安全過彎的最大速率，並以 km/h 表示。（3 分）
(b) 解釋是甚麼力提供汽車轉彎所需的向心力。（3 分）
(c) 下雨後摩擦係數降至 0.35，求新的最大安全速率。（2 分）

答案：

(a) 靜摩擦提供向心力：$\mu mg = mv^2/r$，$v = \sqrt{(\mu g r)} = \sqrt{(0.60 \times 9.81 \times 50)} = 17.2\ \text{m s}^{-1}$（= 61.8 km/h）。（3 分）
(b) 向心力由輪胎與路面之間的靜摩擦力提供，方向指向彎心；若摩擦力不足，汽車會沿切線滑出。（3 分）
(c) $v = \sqrt{(0.35 \times 9.81 \times 50)} = 13.1\ \text{m s}^{-1}$，明顯較低，故濕滑路面須減速。（2 分）

8.

一個質量 0.15 kg 的球以 20 m/s 垂直撞向牆壁，並以 15 m/s 反彈。球與牆的接觸時間為 0.020 s（取 $g = 9.81\ \text{m s}^{-2}$）。

(a) 求球在碰撞中動量變化的大小。（3 分）
(b) 求牆作用於球的平均力。（3 分）
(c) 球的重量只有約 1.5 N，為何平均力遠大於重量？試解釋。（2 分）

答案：

(a) 取遠離牆為正：$\Delta p = m(v - u) = 0.15 \times (15 - (-20)) = 5.25\ \text{kg m s}^{-1}$。（3 分）
(b) $F = \Delta p / \Delta t = 5.25 / 0.020 = 262\ \text{N}$（約 263 N）。（3 分）
(c) 球的重量僅 1.47 N，但碰撞時間極短，動量在 0.020 s 內大幅改變，由 $F = \Delta p/\Delta t$ 可知平均力可達重量的百多倍。（2 分）

丙部：綜合應用與實驗（40 分）

第 9 – 12 題：滑輪系統、汽車安全、彈簧與打點計時器

9.

質量 3.0 kg 與 5.0 kg 的兩個物塊由一條輕繩繞過光滑定滑輪連接，5.0 kg 的一方下降（取 $g = 9.81\ \text{m s}^{-2}$）。

(a) 求系統的加速度。（4 分）
(b) 求繩的張力。（3 分）
(c) 解釋張力為何介乎兩個物塊的重量之間。（3 分）

答案：

(a) 對 5.0 kg：$5g - T = 5a$；對 3.0 kg：$T - 3g = 3a$。相加得 $a = (5 - 3)g / (5 + 3) = 2.45\ \text{m s}^{-2}$。（4 分）
(b) $T = 3(g + a) = 3 \times (9.81 + 2.45) = 36.8\ \text{N}$。（3 分）
(c) 兩物塊以共同加速度運動：3.0 kg 需向上加速，故 $T > 3g$（29.4 N）；5.0 kg 向下加速，故 T 小於 $5g$（49.1 N）。因此 T 介乎兩者重量之間。（3 分）

10.

一輛質量 1200 kg 的汽車以 25 m/s 在水平路面行駛，撞牆後完全停下。

(a) 求汽車碰撞前的動量及動能。（3 分）
(b) 若汽車在 0.12 s 內停下，求牆作用於汽車的平均力。（3 分）
(c) 若汽車設有潰縮區，停下時間延長至 0.80 s，求平均力。（2 分）
(d) 解釋潰縮區如何減少乘客受傷的機會。（2 分）

答案：

(a) $p = mu = 1200 \times 25 = 30000\ \text{kg m s}^{-1}$（$3.0 \times 10^4$）；$E_k = \tfrac{1}{2}mu^2 = 0.5 \times 1200 \times 25^2 = 375000\ \text{J}$（$3.75 \times 10^5$ J）。（3 分）
(b) $F = \Delta p / \Delta t = 30000 / 0.12 = 250000\ \text{N}$（$2.5 \times 10^5$ N）。（3 分）
(c) $F = 30000 / 0.80 = 37500\ \text{N}$（$3.75 \times 10^4$ N）。（2 分）
(d) 潰縮區延長碰撞時間，在動量變化相同的情況下平均力大幅減少（約為原來的六分之一），乘客承受的加速度及受傷風險隨之降低。（2 分）

11.

一個質量 0.020 kg 的子彈以 400 m/s 水平射入一個靜止在光滑水平面上的 3.0 kg 木塊，並嵌入其中。木塊隨後壓縮一條彈簧常數 k = 800 N/m 的彈簧。

(a) 求子彈嵌入後木塊與子彈的共同速度。（3 分）
(b) 求彈簧的最大壓縮量。（4 分）
(c) 求碰撞過程中損失的動能佔原有動能的百分比。（3 分）

答案：

(a) 動量守恆：$0.020 \times 400 = (0.020 + 3.0) \times v$，$v = 8.0 / 3.02 = \mathbf{2.65\ m\ s^{-1}}$。（3 分）
(b) 碰撞後動能全部轉為彈性勢能：$\tfrac{1}{2}(M+m)v^2 = \tfrac{1}{2}kx^2$，$x = v\sqrt{(M+m)/k} = 2.649 \times \sqrt{(3.02/800)} = \mathbf{0.163\ m}$（約 16 cm）。（4 分）
(c) 原有 $E_k = \tfrac{1}{2} \times 0.020 \times 400^2 = 1600\ J$；碰撞後 $E_k = 10.6\ J$；損失 1589 J，即 99.3%，大部分動能轉為熱能及形變能。（3 分）

12.

用打點計時器記錄一輛小車在斜面上的運動。紙帶每 0.10 s 記錄一段位移，連續四段位移為 4.9 cm、6.9 cm、8.9 cm、10.9 cm。

(a) 求每段位移的增加量。（2 分）
(b) 求小車的加速度。（3 分）
(c) 若小車質量為 0.50 kg，求作用於小車的淨力。（2 分）
(d) 提出兩個實驗誤差來源，並各提出一個改善方法。（3 分）

答案：

(a) 每段位移增加量 = 6.9 − 4.9 = **2.0 cm**，其餘兩段同為 2.0 cm，表示加速度均勻。（2 分）
(b) $\Delta s = aT^2$，$a = 0.020 / 0.10^2 = \mathbf{2.0\ m\ s^{-2}}$。（3 分）
(c) $F = ma = 0.50 \times 2.0 = \mathbf{1.0\ N}$。（2 分）
(d) 誤差來源：①紙帶與計時器之間的摩擦，改善方法是保持紙帶暢順、定期更換碳紙；②量度位移的隨機誤差，改善方法是使用較多段位移取平均及用較精細的刻度尺。（其他合理答案亦可，每個 1.5 分，共 3 分）