

ข้อที่ 1

[10 คะแนน]

1.1 หยดน้ำและไฟกระพริบ

[5 คะแนน]

ภายในห้องมืด น้ำหยดจากก๊อกน้ำด้วยอัตราสม่ำเสมอโดยมีความเร็วต้นเป็นศูนย์ภายใต้แรงโน้มถ่วงจำนวนหลายหยดต่อวินาที โดยแต่ละหยดห่างกัน T_0 วินาที ($T_0 \ll 1$) และภายในห้องมีหลอดไฟที่กระพริบสว่างเป็นระยะเวลาสั้นๆ โดยที่คาบการกระพริบเท่ากับ $T_S = T_0 + \Delta t$ และ $\Delta t \ll T_0$ ผู้สังเกตภายในห้องมืดจะมองเห็นหยดน้ำในจังหวะสั้น ๆ ที่ไฟสว่าง หยดน้ำทุกหยดมีลักษณะภายนอกเหมือนกันทุกประการ

กำหนดให้ความโน้มถ่วงเท่ากับ g

ในข้อ a) และ b) ไม่ต้องคำนึงถึงแรงต้านของอากาศ และให้ถือว่า Δt เป็นค่าคงตัว

- a) ในกรณีที่ $\Delta t = 0$ เราจะเห็นหยดน้ำปรากฏเสมือนอยู่นิ่งกับที่ หรือมี “ความเร็วปรากฏ” เป็นศูนย์ ให้เขียนอธิบายเหตุผลสั้นๆ ว่าทำไมจึงเป็นเช่นนั้น [0.3 คะแนน]

- b) ในกรณีที่ $\Delta t \neq 0$ เมื่อสังเกตหยดน้ำที่ระยะ h จากปลายก๊อกน้ำ จงหา “ความเร็วปรากฏ” และ “ความเร่งปรากฏ” ของหยดน้ำที่บริเวณนี้ และระบุทิศทางความเร็วและความเร่งปรากฏสำหรับกรณี $\Delta t > 0$ และกรณี $\Delta t < 0$ [3.2 คะแนน]

เนื่องจากแรงต้านอากาศ เมื่อหยดน้ำตกลงมาระยะหนึ่งจะมีความเร็วสุดท้าย (terminal velocity) และมีระยะระหว่างหยดเท่ากับ d_0 ในขณะเดียวกัน คาบการกระพริบของหลอดไฟมีการเปลี่ยนแปลงแบบแกว่งดังสมการ $T_S = T_0 + \tau \sin \omega t$ เมื่อ t เป็นเวลาที่สังเกต ω เป็นค่าคงตัว และ $\tau \ll T_0$ การแกว่งนี้เป็นไปอย่างช้า ๆ เทียบกับการหยด หรือ $2\pi/\omega \gg T_0$ ผู้สังเกตจะเห็นหยดน้ำแต่ละหยดเคลื่อนที่ปรากฏแบบขึ้นลง

- c) จงประมาณว่าหยดน้ำบริเวณนี้จะมีการเคลื่อนที่ขึ้นลงด้วยแอมพลิจูดปรากฏเท่าใด [1.5 คะแนน]

นักเรียนอาจใช้ประโยชน์จาก

$$\int \sin \omega t \, dt = -\frac{\cos \omega t}{\omega} + \text{constant}$$

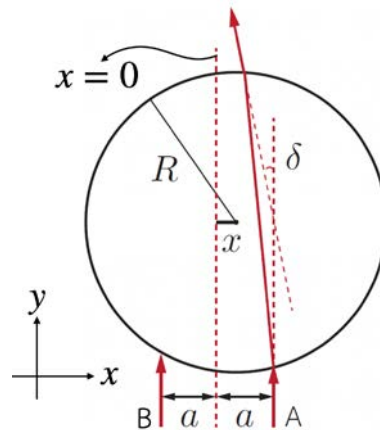
$$\sum_{n=0}^{n=N} \sin n\theta = \frac{\sin\left(\frac{N\theta}{2}\right) \sin\left(\frac{N+1}{2}\theta\right)}{\sin \frac{\theta}{2}}$$

และการประมาณ $\sin \theta \approx \theta$ เมื่อ $\theta \ll 1$

1.2 แหนบเชิงแสง (optical tweezer)

[5 คะแนน]

แหนบเชิงแสงเป็นเครื่องมือที่ใช้แสงเลเซอร์ในการจับและเคลื่อนย้ายอนุภาคขนาดเล็กเช่น อะตอม อนุภาคระดับนาโน หรือดีเอ็นเอ ในกรณีที่อนุภาคมีขนาดใหญ่กว่าความยาวคลื่นแสงมาก ๆ หลักการจับอนุภาคสามารถอธิบายได้ด้วยแสงเชิงเรขาคณิต



รูปที่ 1

พิจารณาลูกแก้วทรงกลมมวล m รัศมี R และดัชนีหักเห n ยิงแสงเลเซอร์สองลำที่มีขนาดลำแสงเล็กมากที่ตำแหน่ง $x = a$ และ $x = -a$ บนระนาบที่ผ่านจุดศูนย์กลางของทรงกลม เริ่มต้นจุดศูนย์กลางของลูกแก้วอยู่ห่างจากจุด $x = 0$ เป็นระยะทาง x ดังรูป 1 โดยที่ $x < a \ll R$ กำหนดให้ดัชนีหักเหของอากาศเป็น 1 และไม่ต้องคำนึงถึงแรงโน้มถ่วง

a) จงหามุมเบี่ยงเบน δ ของลำแสง A ในรูปของ x และค่าคงที่อื่นที่โจทย์กำหนด

[1.5 คะแนน]

ในฟิสิกส์สมัยใหม่ลำแสงสามารถถูกพิจารณาว่าเกิดจากอนุภาคที่เรียกว่าโฟตอน โดยที่พลังงานและโมเมนตัมของโฟตอนแต่ละตัวมีค่าเป็น hc/λ และ h/λ ตามลำดับ โดยที่ h คือค่าคงที่ของพลังค์และ λ คือความยาวคลื่นของโฟตอน กำหนดให้แสงเลเซอร์แต่ละลำมีกำลังเป็น P และสมมติว่าแสงสามารถวิ่งผ่านลูกแก้วได้ 100%

b) จงหาจำนวนของโฟตอนของลำแสง A ที่วิ่งเข้าสู่ลูกแก้วในช่วงเวลา Δt

[0.3 คะแนน]

c) จงหาขนาดของโมเมนตัมที่ถูกส่งเข้าสู่ลูกแก้วด้วยโฟตอนของลำแสง A ในช่วงเวลา Δt

[0.2 คะแนน]

d) จงหาแรงในแนวแกน x และแกน y ที่ลำแสง A กระทำต่อลูกแก้ว

[2 คะแนน]

e) จงหาความถี่ของการสั่นของลูกแก้วในแนวแกน x เนื่องจากลำแสงเลเซอร์ทั้งสอง

[1 คะแนน]

นักเรียนอาจใช้ประโยชน์จาก $\sin(x) \approx x$ และ $\cos(x) \approx 1$ สำหรับ $x \ll 1$