

ข้อสอบเก่า เปิดเผยโดยอาจารย์ประจำวิชา

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

การสอบปลายภาค ประจำภาคปลาย ปีการศึกษา 2555-2556

วิชา ฟิสิกส์ ๒ (SCPY 158)

วันจันทร์ที่ 4 มีนาคม 2556

เวลา 9.00-12.00 น.

นักศึกษาประเภทวิชาวิทยาศาสตร์ (SC)

ชั้นปีที่ 1

ข้อสอบมีทั้งหมด 8 ข้อ เต็ม 80 คะแนน

คำสั่ง

- ห้ามใช้เครื่องคำนวณทุกชนิด
- ให้เขียนคำตอบในกระดาษคำตอบเลย
- ให้ใช้ปากกาในการทำข้อสอบ
- ห้ามนำข้อสอบออกจากห้องสอบ

ข้อมูลที่เป็นประโยชน์

- $x' = \gamma(x - Vt)$ และ $t' = \gamma\left(t - \frac{Vx}{c^2}\right)$ เมื่อ $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - (V^2/c^2)}}$
- การแปลงความเร็วในแนวแกน x : $u'_x = \frac{u_x - V}{1 - (Vu_x/c^2)}$
- $L = \frac{L_0}{\gamma}$, $\Delta t = \gamma\Delta t_0$, $\vec{P} \equiv m\vec{u} / \sqrt{1 - \frac{|\vec{u}|^2}{c^2}}$
- $E^2 = p^2c^2 + m^2c^4$, $E = K + mc^2$
- $h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s} = 4.1 \times 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s}$
 $hc = 1240 \text{ eV}\cdot\text{nm}$, $1.0 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$
- พลังงานของอะตอมไฮโดรเจน: $E_n = -\frac{13.6}{n^2} \text{ eV}$, $n = 1, 2, 3, \dots$
- สมการของ Schrodinger $-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2\psi}{dx^2} + V(x)\psi = E\psi$
- $U_B = m_c\mu_B B$
- $dV = r^2 \sin\theta \, d\phi d\theta dr$
- $\lambda' = \lambda_0 + \frac{h}{mc}(1 - \cos\phi)$
- $\arcsin\left(\frac{1}{\sqrt{6}}\right) \approx 24^\circ$, $\arccos\left(\frac{1}{\sqrt{6}}\right) \approx 66^\circ$

ข้อ 1. นาย A ยืนหนึ่งอยู่บนพื้น ห่างจากเขาไปทางขวาเป็นระยะ

4.0 m มีหลอดไฟหมายเลข 1 วางอยู่บนพื้น และห่างจากเขาไป

ทางขวาเป็นระยะ 9.0 m มีหลอดไฟหมายเลข 2 วางอยู่ โดย

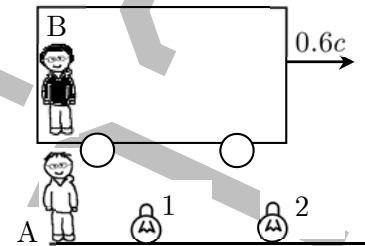
หลอดไฟทั้งสองหลอดดับอยู่ และ อยู่หนึ่งเทียบกับนาย A

ส่วนนาย B ยืนหนึ่งอยู่บนรถซึ่งกำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว $0.6c$ ไป

ทางขวา โดยตอนเริ่มต้น ($t = t' = 0$) นาย B ผ่านหน้านาย Aพอดี

ถ้านาย A ยืนอยู่ที่จุดกำเนิดของระบบพิกัดของเขา และ นาย A พบว่าหลอดไฟหมายเลข 1 กะพริบ ที่เวลา

$t_1 = 20$ ns และ หลอดไฟหมายเลข 2 กะพริบไฟ ที่เวลา $t_2 = 50$ ns



(ก) นาย A พบว่าหลอดไฟทั้งสองอยู่ที่ตำแหน่งใด

[1 คะแนน]

(ข) นาย B พบว่าหลอดไฟหมายเลข 1 กะพริบ ขณะที่หลอดไฟหมายเลข 1 อยู่ที่ตำแหน่งใด

[2 คะแนน]

(ค) นาย B พบว่าหลอดไฟหมายเลข 2 กะพริบ ขณะที่หลอดไฟหมายเลข 2 อยู่ที่ตำแหน่งใด

[1 คะแนน]

(ง) นาย A วัดช่วงเวลาระหว่างกะพริบของหลอดไฟทั้งสองดวงได้เท่าไร

[1 คะแนน]

(จ) ช่วงเวลาที่นาย A วัดได้ในข้อ (ง) เป็น Proper Time interval หรือไม่ เพราะเหตุใด

[2 คะแนน]

(ฉ) นาย B พบว่าหลอดไฟหลอดใดกะพริบก่อน

[3 คะแนน]

ข้อ 2 นายพสุธาบนโลกวัดได้ว่า นายเอเลียนขับยานอวกาศลำหนึ่งวิ่งเข้าหาโลกด้วยอัตราเร็วคงตัว $0.80c$

นายพสุธาจึงยิงขีปนาวุธออกไปใส่ยานอวกาศของนายเอเลียนด้วยอัตราเร็วคงตัว $0.5c$ (กำหนดให้นายพสุธา

วัดความยาวของขีปนาวุธก่อนที่จะยิงออกไปได้ 10 m)

(ก) จงวาดรูปแสดงเจตคติข้อนี้ พร้อมทั้งระบุทิศทาง การเคลื่อนที่ และระบุด้วยว่าจะให้ใครหรืออะไรเป็นกรอบ

Primed และ Unprimed

[2 คะแนน]

(ข) ถ้าใช้ Galilean Transformation นายเอเลียนจะวัดความเร็วของขีปนาวุธได้เท่าใด

[2 คะแนน]

(ค) คำตอบในข้อ (ข) เป็นไปได้หรือไม่ เพราะเหตุใด

[1 คะแนน]

(ง) ถ้าใช้ Lorentz Transformation นายเอเลียนจะวัดความเร็วของขีปนาวุธได้เท่าใด

[2 คะแนน]

(จ) นายเอเลียนจะพบว่าขีปนาวุธมีความยาวมากกว่า น้อยกว่า หรือ เท่ากับ 10 m เพราะเหตุใด

[1 คะแนน]

(ฉ) นายเอเลียนจะพบว่าขีปนาวุธมีความยาวเท่าใด

[2 คะแนน]

ข้อ 3

ชายคนหนึ่งซึ่งยืนอยู่บนพื้นดินพบว่าอนุภาคมีออน มวล m กำลังเคลื่อนที่เข้าหาเขาด้วยอัตราเร็ว $0.6c$ และ

เขาพบด้วยว่าอนุภาคมีช่วงชีวิต $4.0\mu\text{s}$ (อนุภาคนี้เกิดขึ้นและสลายตัวไปในเวลา $4.0\mu\text{s}$)

(ก) เวลา $4.0\mu\text{s}$ ที่ชายคนนี้วัดได้นี้เป็น proper time interval หรือไม่ เพราะเหตุใด

[2 คะแนน]

(ข) ชายคนนี้จะวัดระยะทางที่อนุภาคนี้เคลื่อนที่ได้เท่าใด (ตั้งแต่เกิดขึ้นจนสลายตัว) (ตอบในหน่วยเมตร)

[2 คะแนน]

(ค) ชายคนนี้จะวัดขนาดของโมเมนตัมของอนุภาคนี้ได้เท่าใด

[2 คะแนน]

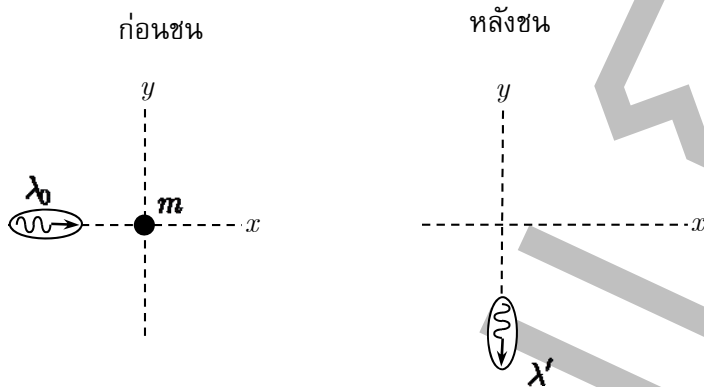
(ง) ผู้วิเศษที่เคลื่อนที่ไปพร้อมกับอนุภาคนี้ จะวัดอัตราเร็วของอนุภาคนี้ได้เท่าใด

[2 คะแนน]

(จ) ผู้วิเศษที่เคลื่อนที่ไปพร้อมกับอนุภาคนี้ จะพบว่าอนุภาคนี้มีช่วงชีวิตเท่าใด

[2 คะแนน]

ข้อ 4 โฟตอนความยาวคลื่น λ_0 เข้าชนในแนวแกน x กับอิเล็กตรอนมวล m ซึ่งเดิมอยู่นิ่งที่จุดกำเนิดของระบบพิกัด xy ดังรูป หลังชน โฟตอนกระเจิงออกไปในแนว $-\hat{j}$ และมีความยาวคลื่น λ' **กำหนดให้** ระบบประกอบด้วยโฟตอนและอิเล็กตรอน ให้ h แทนค่าคงตัวของพลังค์ และ c แทนอัตราเร็วของแสงในสุญญากาศ และให้ตอบคำถามต่อไปนี้ในรูปของตัวแปรที่ระบุในโจทย์เท่านั้น



- (ก) จงหาพลังงานรวม(เชิงสัมพัทธภาพ)ของระบบ ก่อนชน [2 คะแนน]
- (ข) จงวาดรูปที่แสดงถึงทิศทางของอิเล็กตรอนภายหลังการชน ลงในรูปข้างบน [1 คะแนน]
- (ค) λ' มากกว่า น้อยกว่า หรือ เท่ากับ λ_0 เพราะเหตุใด (ใช้เหตุผลทางฟิสิกส์ ไม่ใช่แทนค่าสูตร) [2 คะแนน]
- (ง) พลังงานหลังชนของโฟตอนมีค่าเท่ากับ [1 คะแนน]
- (จ) จงหาพลังงานหลังชนของอิเล็กตรอน [2 คะแนน]
- (ฉ) จงหาโมเมนตัมหลังชนของโฟตอน [2 คะแนน]

ข้อ 5 อนุภาคมวล m ถูกกักอยู่ในบ่อศักย์อันหนึ่งมิติ กว้าง L โดยที่ พลังงานศักย์ของอนุภาคเท่ากับ ศูนย์ภายในบ่อ (ในช่วง $0 \leq x \leq L$) และมีค่าเป็นอนันต์ภายนอกบ่อ ถ้าอนุภาคนี้มีฟังก์ชันคลื่นเป็น

$$\psi_n(x) = A \sin\left(\frac{n\pi x}{L}\right) \quad (\text{ในช่วง } 0 \leq x \leq L) \quad \text{เมื่อ } n = 1, 2, 3, \dots$$

- (ก) จงเขียนสมการของ Schrodinger สำหรับอนุภาคนี้ ในช่วง $0 \leq x \leq L$ [1 คะแนน]
- (ข) ค่า $A = \sqrt{\frac{2}{L}}$ ได้มาจากเงื่อนไขใด (เขียนในรูปสมการทางคณิตศาสตร์) และ เงื่อนไขนี้มีชื่อว่าอะไร [2 คะแนน]
- (ค) **จงใช้สมการจากข้อ (ก)** หาพลังงานรวม E ของอนุภาคนี้ สำหรับอนุภาคที่อยู่ที $n = 2$ [2 คะแนน]
- (ง) จงเขียนกราฟระหว่าง $|\psi_2(x)|^2$ และ x ในช่วง $0 \leq x \leq L$ โดยระบุค่าสูงสุดของกราฟ และค่าตำแหน่ง x ที่กราฟมีค่าต่ำสุด สูงสุด และเป็นศูนย์ด้วย [2 คะแนน]
- (จ) จงเขียนบรรยายความหมายของ $\int_{L/4}^{L/2} |\psi_2|^2 dx$ [1 คะแนน]
- (ฉ) จงเติมคำตอบ : $\int_{L/4}^{L/2} |\psi_2|^2 dx = \square$, $\int_L^{2L} |\psi_2|^2 dx = \square$ [2 คะแนน]

ข้อ 6 อิเล็กตรอนในอะตอมไฮโดรเจนที่มีฟังก์ชันคลื่น $\psi_{nlm_l} = \frac{e^{-r/a_0}}{\sqrt{\pi a_0^3}}$ โดยที่ a_0 คือ รัศมีของโบร์, r คือ ระยะห่างที่วัดจากนิวเคลียส

(ก) เมื่อพิจารณาจากฟังก์ชันคลื่นนี้เท่านั้น โดยไม่ใช้ข้อมูลอื่นๆ นักศึกษาคิดว่า n , l และ m_l มีค่าเป็นเท่าใด เพราะเหตุใด [2 คะแนน]

(ข) หน่วยของ $|\psi_{nlm_l}^2|$ คือ , a_0 มีค่าประมาณ [2 คะแนน]

(ค) จงเขียนสูตรคณิตศาสตร์ที่แสดงความน่าจะเป็นที่จะพบอิเล็กตรอนในอะตอมไฮโดรเจนนี้ ในช่วงระหว่าง $a_0 \leq r \leq 2a_0$, $\frac{\pi}{6} \leq \theta \leq \frac{\pi}{3}$, $0 \leq \phi \leq \frac{\pi}{4}$ [2 คะแนน]

(ง) ทำไมจึงเขียนบรรยายฟังก์ชันคลื่นของอิเล็กตรอนในอะตอมของไฮโดรเจนด้วย $\psi(r, \theta, \phi)$ แทนที่จะเป็น $\psi(x, y, z)$ [2 คะแนน]

(จ) บริเวณที่ห่างจากนิวเคลียสของไฮโดรเจนมากๆ เช่น ห่างมากกว่า $30a_0$ จะพบอิเล็กตรอนหรือไม่ ให้เหตุผลประกอบด้วย [2 คะแนน]

ข้อ 7 ไฮโดรเจนมีอิเล็กตรอนอยู่ที่ชั้นพลังงาน $4d$ อยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กขนาด B ชี้ใน ทิศ $+z$

(ก) เพราะเหตุใด อะตอมจึงสามารถแสดงคุณสมบัติเชิงแม่เหล็กได้ [2 คะแนน]

(ข) จงวาดรูปแสดงการวางตัวของโมเมนต์เชิงมุม \vec{L} ที่เป็นไปได้ทั้งหมด ของอิเล็กตรอนในอะตอมไฮโดรเจนนี้เทียบกับแกน $+z$ (เขียนค่า m_l กำกับด้วย) [2 คะแนน]

(ค) โมเมนต์เชิงมุมในข้อ (ข) ที่สอดคล้องกับ $m_l = 1$ ทำมุมเท่าใดกับแกน $+z$ [2 คะแนน]

(ง) ถ้ามีการเปลี่ยนระดับพลังงานของอิเล็กตรอนในอะตอมไฮโดรเจน จากชั้น $4d$ มายังชั้น $3p$ ภายใต้สนามแม่เหล็กขนาด B จะพบว่ามี การเปลี่ยนสถานะ (Transition) ได้หลายเส้น และหลายความถี่ จงเขียนแผนภาพแสดงระดับพลังงาน และจงลากเส้นเพียงหนึ่งเส้นเท่านั้นเพื่อแสดงถึง Transition ที่ให้โฟตอนที่มีความยาวคลื่นมากที่สุด [2 คะแนน]

(จ) การเปลี่ยนระดับพลังงานของอิเล็กตรอนในอะตอมไฮโดรเจน จากชั้น $4d$ มายังชั้น $3p$ ภายใต้สนามแม่เหล็กขนาด B จะมีการเปลี่ยนสถานะ (Transition) ทั้งหมด เส้น และให้โฟตอนที่มีความถี่ต่างๆ รวม ค่า [2 คะแนน]

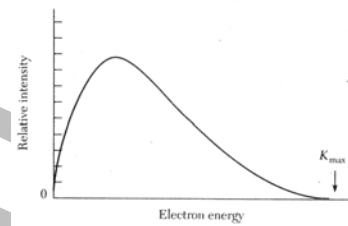
ข้อ 8 (ข้อย่อยละ 2.5 คะแนน)

8.1 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ปล่อยออกมาจากอะตอมไฮโดรเจนที่เปลี่ยนระดับชั้นพลังงานจาก $4f$ มายังชั้น $3d$ จะมีความยาวคลื่นอยู่ในย่านใด

รังสีเอ็กซ์ อัลตราไวโอเล็ต แสงที่ตามองเห็น ไมโครเวฟ อินฟราเรด

8.2 โปรตอนมีสปิน $\frac{1}{2}$ แสดงว่าถ้าโปรตอนอยู่ในสนามแม่เหล็ก โมเมนต์เชิงมุมของโปรตอนที่เกิดจากสปินจะทำมุมกับสนามแม่เหล็กได้กี่ค่า

8.3 กราฟรูปนี้แสดงถึงพลังงานจลน์ของอนุภาคบีตาจากการสลายตัวให้รังสีบีตา ซึ่งพลังงานจลน์นี้มีหลายค่าต่อเนื่อง กราฟนี้เกี่ยวข้องกับการค้นพบอนุภาคใด



8.4 จงเขียนสมการการสลายตัวให้อนุภาคบีตาของ Neptunium-236 ซึ่งมีเลขอะตอม 93
