

ข้อสอบเก่า เปิดเผยโดยอาจารย์ประจำวิชา

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

การสอบปลายภาค ประจำปีภาคปลาย ปีการศึกษา 2556 – 2557

วิชา ฟิสิกส์ ๒ (SCPY 158)

วันศุกร์ที่ 7 มีนาคม 2557

เวลา 9.00-12.00 น.

นักศึกษาประเภทวิทยาศาตร์ (SC)

ชั้นปีที่ 1

ข้อสอบมีทั้งหมด 8 ข้อ เต็ม 80 คะแนน

คำสั่ง

- ห้ามใช้เครื่องคำนวณทุกชนิด
- ให้เขียนคำตอบในกระดาษคำตอบเลย
- ให้ใช้ปากกาในการทำข้อสอบ
- ห้ามนำข้อสอบออกจากห้องสอบ

ข้อมูลที่จำเป็นประโยชน์

- การแปลงแบบลอเรนซ์:

$$x' = \gamma(x - Vt) \quad \text{และ} \quad t' = \gamma\left(t - \frac{Vx}{c^2}\right) \quad \text{เมื่อ} \quad \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - (V^2/c^2)}}$$

- การแปลงความเร็วในแนวแกน x : $u_x' = \frac{u_x - V}{1 - (Vu_x/c^2)}$

- $L = \frac{L_0}{\gamma}$, $\tau = \gamma\tau_0$, $\vec{P} \equiv m\vec{u} / \sqrt{1 - |\vec{u}|^2/c^2}$

- $E^2 = p^2c^2 + m^2c^4$, $E = K + mc^2$

- c คืออัตราเร็วของแสงในสุญญากาศ $= 3 \times 10^8$ m/s

- พลังงานของอะตอมไฮโดรเจน: $E_n = -\frac{13.6}{n^2}$ eV, $n = 1, 2, 3, \dots$

- สมการของ Schrödinger $-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2\psi}{dx^2} + V(x)\psi = E\psi$

- $U_B = m_e\mu_B B$, $\mu_B = \frac{e\hbar}{2m}$

- $dV = r^2 \sin\theta \, d\phi d\theta dr$

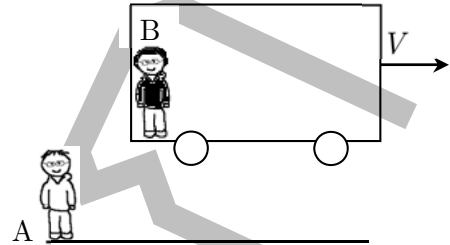
- $\lambda' = \lambda_0 + \frac{h}{mc}(1 - \cos\phi)$

ข้อ 1.1 จงเขียนสัจพจน์ของไอน์สไตน์ (Einstein's postulates) สองข้อ ในทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ [2 คะแนน]

ข้อหนึ่ง : _____

ข้อสอง : _____

ข้อ 1.2 นาย A ยืนนิ่งอยู่บนพื้น ส่วนนาย B ยืนนิ่งอยู่บนรถ นาย A พบว่ารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว V ในทิศ $+x$ โดยที่ตอนเริ่มต้น (ที่เวลา $t = 0$ s) นาย B ผ่านหน้านาย Aพอดี



(ก) ถ้า $V = 7$ m/s และ นาย B ปล่อยบอลออกไปด้านหน้าด้วยความเร็ว 15 m/s (นาย B วัดเอง) นาย A จะพบว่าลูกบอลนี้มีความเร็วเท่าใด [2 คะแนน]

(ข) ถ้า $V = 0.6c$ โดยที่ c คืออัตราเร็วของแสง และ นาย B ยิงแสงเลเซอร์สีเขียวออกไปข้างหน้า ถ้าใช้การแปลงแบบกาลิเลียน นาย A จะพบว่าโฟตอนแสงเลเซอร์นี้มีความเร็วเท่าใด [2 คะแนน]

(ค) คำตอบที่ได้ในข้อ (ข) เป็นไปได้หรือไม่ เพราะเหตุใด [2 คะแนน]

(ง) จงใช้การแปลงแบบลอเรนซ์ เพื่อแสดงการหาความเร็วของโฟตอนแสงเลเซอร์ในข้อ (ข) เมื่อวัดโดยนาย A [2 คะแนน]

ข้อ 2 ผู้สังเกต A ในกรอบอ้างอิงหนึ่งทำให้หลอดไฟสองหลอดที่อยู่ข้างๆกัน (ไฟหลอดใหญ่อยู่ที่จุดกำเนิดของกรอบอ้างอิง และไฟหลอดเล็กอยู่ที่ตำแหน่ง $+3.0 \times 10^4$ m) นอกจากนี้ A ก็สังเกตเห็นว่า ที่เวลา $t = 0$ s ผู้สังเกต B อยู่ที่ตำแหน่ง $x = 0$ m พอดีและกำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว $0.60c$ ไปทางทิศ $+x$

ก) จงวาดรูปแสดงกรอบอ้างอิงของ A ของ B และหลอดไฟทั้งสองดวง [2 คะแนน]

ข) จงหาค่า γ (Lorentz factor) สำหรับโจทย์ข้อนี้ [2 คะแนน]

ค) ช่วงเวลาระหว่างการกะพริบของหลอดไฟทั้งสองหลอดเมื่อวัดโดยนาย A มีค่าเท่าใด [1 คะแนน]

ง) ช่วงเวลาระหว่างการกะพริบของหลอดไฟทั้งสองหลอดเมื่อวัดโดยนาย B มีค่าเท่าใด [2 คะแนน]

จ) นาย B สังเกตได้ว่าไฟหลอดใดกะพริบก่อน [1 คะแนน]

ฉ) นาย A วัดได้ว่า ระยะห่างระหว่างหลอดไฟสองดวงคือ 3.0×10^4 m ถามว่าค่านี้เป็น Proper Length หรือไม่ เพราะเหตุใด [2 คะแนน]

ข้อ 3.1 นายพสุธาบนโลกวัดได้ว่านายเอเลียนขยับยานอวกาศลำหนึ่งเข้าหาโลกด้วยความเร็วคงตัว $0.60c$ ถ้านายเอเลียนพบว่าตัวเขาใช้เวลาบินเข้า 10 นาที

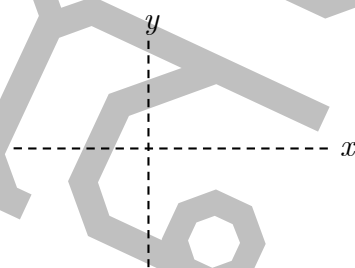
- ก) ช่วงเวลา 10 นาที นี้ เป็น Proper Time หรือไม่ เพราะเหตุใด [2 คะแนน]
- ข) นายพสุธา จะพบว่านายเอเลียนใช้เวลาบินเข้านานกี่นาที [2 คะแนน]

ข้อ 3.2 จากข้อ 3.1 คราวนี้นายพสุธาจึงถูกซึ้นยักษ์มวล m ไปยังยานของนายเอเลียนด้วยความเร็วคงตัว $0.50c$

- (ก) จงวาดรูปแสดงโจทย์ข้อนี้ พร้อมทั้งระบุทิศทางการเคลื่อนที่ และระบุด้วยว่าจะให้ใครหรืออะไรอยู่ในกรอบอ้างอิง Primed และ Unprimed [2 คะแนน]
- (ข) นายเอเลียนจะวัดความเร็วของลูกซึ้นยักษ์ได้เท่าใด (ตอบในรูปของ c) [2 คะแนน]
- (ค) นายเอเลียนจะพบว่าลูกซึ้นยักษ์มีโมเมนตัมขนาดเท่าใด (ตอบติดเครื่องหมายรากได้) [2 คะแนน]

ข้อ 4 ให้ตอบคำถามแต่ละข้อต่อไปนี้ในรูปของ c (อัตราเร็วของแสงในสุญญากาศ), h (ค่าคงตัวของพลังค์) และตัวแปรที่ระบุในแต่ละข้อ

- (ก) อิเล็กตรอนมวล m ที่อยู่นิ่งกับที่มีพลังงานเท่ากับ และมีโมเมนตัมเท่ากับ [2 คะแนน]
- (ข) ยิงโฟตอนความยาวคลื่น λ_0 เข้ามาในแนวแกน x โฟตอนนี้มีพลังงานเท่ากับ [1 คะแนน]
- (ค) เมื่อโฟตอนในข้อ (ข) ชนกับอิเล็กตรอนในข้อ (ก) พบว่าอิเล็กตรอนกระดอนออกไปในทิศหนึ่ง ส่วนโฟตอนก็กระเจิงออกไปทำมุม -60° กับแกน x จงวาดรูปแสดงเหตุการณ์หลังชนนี้ [2 คะแนน]



- (ง) โฟตอนที่กระเจิงออกมามีความยาวคลื่นใหม่เป็น $\lambda' =$ [1 คะแนน]
- (จ) โฟตอนที่กระเจิงออกมานี้ มีพลังงานมากกว่า หรือน้อยกว่า พลังงานของโฟตอนก่อนชนอยู่เท่าใด [2 คะแนน]
- (ฉ) จงหาพลังงานของอิเล็กตรอนที่กระดอนออกมา [2 คะแนน]

ข้อ 5 อนุภาคมวล m ถูกกักอยู่ในบ่อศักย์อนันต์หนึ่งมิติ กว้าง L โดยที่ พลังงานศักย์ของอนุภาคเท่ากับศูนย์ ภายในบ่อ (ในช่วง $0 \leq x \leq L$) และมีค่าเป็นอนันต์ภายนอกบ่อ ถ้าขณะที่อนุภาคอยู่ในชั้นพลังงาน $n = 3$ พบว่าอนุภาคนี้มีฟังก์ชันคลื่นเป็น

$$\psi_3(x) = A \sin\left(\frac{3\pi x}{L}\right) \quad (\text{ในช่วง } 0 \leq x \leq L)$$

(ก) สมการของ Schrodinger สำหรับอนุภาคนี้ ในช่วง $0 \leq x \leq L$ คือ [1 คะแนน]

(ข) จงแสดงว่าค่า $A = \sqrt{\frac{2}{L}}$ [2 คะแนน]

(ค) จงใช้สมการจากข้อ (ก) หาพลังงานรวม E ของอนุภาคที่อยู่ในชั้น $n = 3$ นี้ [2 คะแนน]

(ง) จงเขียนกราฟระหว่าง $|\psi_3(x)|^2$ และ x ในช่วง $0 \leq x \leq L$ โดยระบุค่าสูงสุดของกราฟ และค่าตำแหน่ง x ที่กราฟมีค่าต่ำสุด สูงสุด และเป็นศูนย์ด้วย [2 คะแนน]

(จ) จงเขียนบรรยายความหมายของ $\int_{L/4}^{L/2} |\psi_3|^2 dx$ [1 คะแนน]

(ฉ) จงเติมคำตอบ : $\int_{L/3}^{2L/3} |\psi_3|^2 dx = \square$ $\int_0^L |\psi_3|^2 dx = \square$ [2 คะแนน]

ข้อ 6 อิเล็กตรอนในอะตอมไฮโดรเจนมีฟังก์ชันคลื่น $\psi_{nlm_c}(r, \theta, \phi) = \frac{1}{8\sqrt{\pi} \cdot a_0^{3/2}} \frac{r}{a_0} (\sin \theta) (e^{-i\phi}) e^{-r/2a_0} \sqrt{2}$

(ก) ชุดตัวเลข nlm_c ที่เป็นตัวห้อยในฟังก์ชันคลื่น ควรจะมีค่าเป็นเท่าใด เพราะเหตุใด (ใส่เครื่องหมาย $\sqrt{\quad}$ ลงในช่อง หน้าชุดตัวเลขที่เลือก) [3 คะแนน]

	เหตุผลที่เลือก	เหตุผลที่ไม่เลือก
<input type="checkbox"/> 2, 0, 0		
<input type="checkbox"/> 2, 1, 2		
<input type="checkbox"/> 2, -1, 1		
<input type="checkbox"/> 2, 1, -1		
<input type="checkbox"/> 4, 1, 1		

(ข) อะตอมไฮโดรเจนนี้มีพลังงานเท่ากับ [1 คะแนน]

(ค) ถ้าอะตอมไฮโดรเจนนี้อยู่ในสนามแม่เหล็กที่มีขนาด B และชี้ในทิศ $+z$ พลังงานของอะตอมนี้จะมากกว่า หรือ น้อยกว่า หรือเท่ากับ คำตอบในข้อ (ข) เพราะเหตุใด [2 คะแนน]

- (ง) อะตอมไฮโดรเจนนี้มีพลังงานเท่าไร ถ้าอะตอมไฮโดรเจนนี้อยู่ในสนามแม่เหล็กที่มีขนาด B และชี้ในทิศ $+z$ ตอบในรูปค่าคงตัวของพลังค์ หรือ โบร์แมกนีตอน (μ_B) ได้ [2 คะแนน]
- (จ) ถ้าอะตอมไฮโดรเจนนี้อยู่ในสนามแม่เหล็กที่มีขนาด B และชี้ในทิศ $+z$ ขนาดโมเมนต์เชิงมุมของอิเล็กตรอน \vec{L}_{orb} จะเท่ากับ [1 คะแนน]
- (ฉ) จงเขียนปริพันธ์ (integral) ที่แสดงถึงความน่าจะเป็นที่จะพบอิเล็กตรอนในช่วง $r = a_0$ ถึง $r = 2a_0$ (โดยไม่ต้องหาค่าปริพันธ์ออกมา) [2 คะแนน]

ข้อ 7 อะตอมไฮโดรเจนมีอิเล็กตรอนอยู่ที่ชั้นพลังงาน $5f$ อยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กขนาด B ชี้ใน ทิศ $+z$

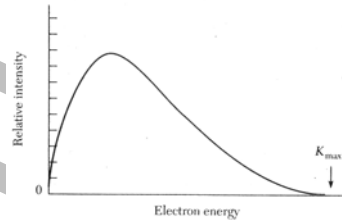
- (ก) จงวาดรูปแสดงการวางตัวของโมเมนต์เชิงมุม \vec{L} ที่เป็นไปได้ทั้งหมด ของอิเล็กตรอนของอะตอมไฮโดรเจนนี้ เทียบกับแกน $+z$ (เขียนค่า m_l กำกับด้วย) [2 คะแนน]
- (ข) โมเมนต์เชิงมุมในข้อ (ก) ที่สอดคล้องกับ $m_l = 2$ ทำมุมเท่าใดกับแกน $+z$ [2 คะแนน]
- (ค) ถ้ามีการเปลี่ยนระดับพลังงานของอิเล็กตรอนในอะตอมไฮโดรเจน จากชั้น $5f$ มายังชั้น $4d$ ภายใต้สนามแม่เหล็กขนาด B จะพบว่ามี การเปลี่ยนสถานะ (Transition) ได้หลายเส้น และปล่อยโฟตอนออกมาหลายความถี่ จงเขียนแผนภาพแสดงระดับชั้นพลังงาน $5f$ และ $4d$ ภายใต้สนามแม่เหล็ก และจงลากเส้นเพียงหนึ่งเส้นเท่านั้นเพื่อแสดงถึง Transition ที่ให้โฟตอนที่มีความถี่มากที่สุด [2 คะแนน]
- (ง) การเปลี่ยนระดับพลังงานของอิเล็กตรอนในอะตอมไฮโดรเจน จากชั้น $5f$ มายังชั้น $4d$ ภายใต้สนามแม่เหล็กขนาด B จะมีการเปลี่ยนสถานะ (Transition) ทั้งหมด เส้น และให้โฟตอนที่มีความถี่ต่างๆ รวม ค่า [2 คะแนน]
- (จ) อะตอมที่อยู่ในชั้น $5f$ จะเปลี่ยนชั้นพลังงานมายังชั้น $n = 2$ ได้หรือไม่ เพราะเหตุใด [2 คะแนน]

ข้อ 8 (ข้อย่อยละ 2 คะแนน)

8.1 กำหนดให้ มวล 1 amu คิดเป็นพลังงาน (rest energy) ได้เท่ากับ 931 MeV โปรตอนอนุภาคหนึ่งมีพลังงานจลน์เป็น 2.000 GeV จงหาพลังงานทั้งหมด (total energy) ของอนุภาคโปรตอนนี้

8.2 สำหรับฟังก์ชันคลื่นในหนึ่งมิติ หน่วยของ $|\psi^2(x)|$ คือ , เพราะเหตุใด

8.3 กราฟรูปนี้แสดงถึงพลังงานจลน์ของอนุภาคบีตาจากการสลายตัวให้รังสีบีตา ซึ่งพลังงานจลน์นี้มีหลายค่าต่อเนื่อง กราฟนี้ขัดกับผลการทดลองที่ขัดกับหลักฟิสิกส์เรื่องใด และกราฟนี้เกี่ยวข้องกับการค้นพบอนุภาคใด



หลัก _____

อนุภาค _____

8.4 จงเขียนสมการการสลายตัวให้อนุภาคบีตา (ซึ่งมีประจุลบ) ของ Sc-47 กำหนดให้ข้อมูลในตาราง

ธาตุ	K	Ca	Sc	Ti	V
เลขอะตอม	19	20	21	22	23

8.5 ทำไมในทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ เราต้องให้นิยามโมเมนตัมใหม่ ว่าเป็น $\vec{P} \equiv m\vec{u} / \sqrt{1 - \frac{|\vec{u}|^2}{c^2}}$ นี้
