ศูนย์ส่งเสริมโอลิมปิกวิชาการและพัฒนามาตรฐานวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ศึกษา (สอวน.) สาขาฟิสิกส์ กทม.

โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา

การสอบไล่ค่ายที่สอง โครงการส่งเสริมโอลิมปิกวิชาการ ปีการศึกษา 2552-53

วิชาฟิสิกส์ ภาคทฤษฎี (รุ่นเยาว์ไม่เกิน ม.4)

วันพฤหัสบดีที่ 25 มีนาคม 2553 เวลา 09.00 - 12.00 น

คำแนะนำและคำสั่ง:

ข้อสอบมีทั้งหมด 6 ตอน 14 ข้อ

ให้นักเรียนแสดงวิธีทำอย่างละเอียดและชัดเจนในกระดาษสำหรับแสดงวิธีทำ

กำหนดให้ อัตราเร็วของแสงในสุญญากาศ $c = 3.00\times10^{8}\ \mathrm{m/s}$

ขนาดประจุไฟฟ้าของอิเล็กตรอน $e = 1.60\times10^{-19}\ \mathrm{C}$

ค่าคงตัวของพลังค์ $h = 6.63\times10^{-34}\ \mathrm{J\cdot s}$

ค่าคงตัวของชเตฟาน $\sigma = 5.67\times10^{-8}\ \mathrm{J\cdot s^{-1}\cdot m^{-2}\cdot K^{-4}}$

ระยะทางเฉลี่ยจากโลกถึงดวงอาทิตย์มีค่า $1.50\times10^{11}\ \mathrm{m}$

รัศมีดวงอาทิตย์มีค่า $6.96\times10^{8}\ \mathrm{m}$

สูตรการแปลงโลเร็นตซ์

$$x' = \gamma\left(x - Vt\right),\ t' = \gamma\left(t - Vx/c^2\right);\quad x = \gamma\left(x' + Vt'\right),\ t = \gamma\left(t' + Vx'/c^2\right)$$

โดยที่ $\gamma \equiv 1/\sqrt{1 - V^2/c^2}$

ให้เริ่มทำข้อสอบ<u>แต่ละตอน</u>บนกระดาษคำตอบ<u>แผ่นใหม่</u>ทุกตอน
และให้รวมกระดาษคำตอบแต่ละตอนเข้าด้วยกันเพื่อแยกตรวจแต่ละตอน
นักเรียนต้อง<u>ส่งข้อสอบทุกตอน</u> ถ้าทำไม่ได้ก็ให้ส่งกระดาษเปล่าพร้อมชื่อและตอนที่

ตอนที่ 1 (ครูอายจะตาย)

1. ในเกมสุดเสียวครั้งหนึ่ง ทักสินและอภิชีตขับยานเร็วยวดยิ่งสองลำสวนทางกันบนแกน X ยานทั้งสองลำยาว L (ตอนหยุดนิ่ง) เท่ากัน ทักสินขับยานแดงไปทางซ้าย ส่วนอภิชีตขับยาน $\mathrm{XT200}$ ไปทางขวา ยานทั้งสองมีอัตราเร็ว V สัมพัทธ์กัน เมื่อด้านหน้าของยานทั้งสองอยู่ที่เดียวกัน อภิชีตและทักสินต่างกดนาฬิกาของทั้งคู่ให้เริ่มเดินพร้อมกัน และต่างก็กำหนดพิกัดของตัวเองเป็นตำแหน่งอ้างอิงศูนย์เพราะต่างก็ถือว่าตัวเองใหญ่ทั้งคู่ ให้ใช้การแปลงโลเร็นตซ์ (ห้ามใช้วิธีอื่น!!!) หาว่า (10 คะแนน)

   1.1 เมื่อท้ายของยานแดงผ่านอภิชีตพอดี ทักสินบอกว่าท้ายของยานแดงมีพิกัดเท่าใด อภิชีตวัดว่าด้านหน้าของยานแดงมีค่าพิกัดเท่าใด และตอนนี้นาฬิกาของแต่ละคนอ่านค่าเท่าใด

   1.2 ถ้ายานแดงยาว $L = 600\ \mathrm{m}$ และภายในชั่วเวลาสั้นกว่ากระพริบตา $1.500\ \mu s$ ยานแดงทั้งลำก็ผ่านหน้าอภิชีตไป อภิชีตวัดอัตราเร็ว V ยานแดงได้เท่าใด

ตอนที่ 2 (ครูอัศวิน)

2. อัตราการถ่ายเทพลังงาน P จากวัตถุที่มีพื้นที่ผิว A อุณหภูมิ T โดยการแผ่รังสีเป็นไปตามความสัมพันธ์ $P = \sigma e A T^4$ เมื่อ σ คือค่าคงตัวของชเตฟาน และ e มีค่าเท่ากับ 1 เมื่อวัตถุเป็นวัตถุดำ ในการพิจารณาข้างล่าง ให้สมมุติว่าดวงอาทิตย์และโลกเป็นวัตถุดำ (10 คะแนน)

   2.1 อุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวโลกตลอดทั้งปีมีค่าประมาณ $20\ ^\circ\mathrm{C}$ ทั้ง ๆ ที่โลกได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์อยู่ตลอดเวลา จงหาอัตราการถ่ายเทพลังงานเฉลี่ยที่โลกได้รับจากดวงอาทิตย์

   2.2 จงประมาณอัตราการถ่ายเทพลังงานที่ผิวของดวงอาทิตย์

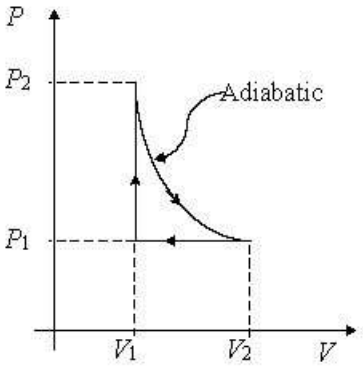
   2.3 จงประมาณอุณหภูมิที่ผิวของดวงอาทิตย์

3. จากทฤษฎีแบ่งปันพลังงานเท่ากัน ก๊าซอุดมคติโมเลกุลอะตอมคู่จำนวน n โมล ที่อุณหภูมิ T จะมีพลังงานภายใน $U = \frac{7}{2} nRT$ เมื่อ R คือค่าคงตัวสากลของก๊าซ (10 คะแนน)

   3.1 จงหาค่าความจุความร้อนต่อโมล c_V ของก๊าซนี้ภายใต้กระบวนการปริมาตรคงตัว

   3.2 จงหาค่าความจุความร้อนต่อโมล c_P ของก๊าซนี้ภายใต้กระบวนการความดันคงตัว

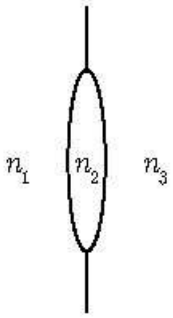
3.3 พิจารณาเครื่องยนต์ความร้อนในอุดมคติทำงานด้วยกระบวนการแบบวัฏจักรของก๊าซอุดมคติโมเลกุลอะตอมคู่นี้ ดังแสดงในภาพ จงหาประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ความร้อนนี้ในรูปของ P_1, P_2, V_1 และ V_2



ตอนที่ 3 (ครูขวัญ)

4. จงแสดงว่าระยะทางที่น้อยที่สุดระหว่างฉากกับวัตถุสำหรับการเกิดภาพคมชัดบนฉากจากเลนส์นูนบางนั้นเท่ากับ $4f$ เมื่อ f เป็นความยาวโฟกัสของเลนส์ (4 คะแนน)

5. กำหนดให้แสงขนานเดินทางจากตัวกลางดัชนีหักเห n_1 เข้าไปยังเลนส์บางดัชนีหักเห $n_2 = 1.50$ และออกไปอีกด้านหนึ่งซึ่งมีดัชนีหักเห n_3 ดังรูป กำหนดให้ผิวทั้งสองด้านของเลนส์มีรัศมีความโค้งเท่ากันและเท่ากับ 10 cm (6 คะแนน)



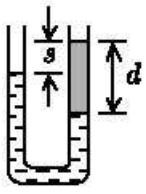
5.1 จงหาความยาวโฟกัสของเลนส์ในกรณีที่ $n_1 = n_3 = 1.80$ และให้บอกด้วยว่าเลนส์นี้ทำหน้าที่รวมแสงหรือกระจายแสง

5.2 จงหาความยาวโฟกัสของเลนส์ในกรณีที่ $n_1 = 1.80, n_3 = 1.00$

5.3 จงหาตำแหน่งของภาพที่เกิดจากการวางวัตถุไว้ในตัวกลาง $n_1 = 1.80$ โดยวัตถุอยู่ห่างจากเลนส์เป็นระยะ 18 cm และตาของผู้สังเกตอยู่ในตัวกลาง $n_3 = 1.00$ พร้อมเขียนรังสีแสงแสดงการเกิดภาพด้วย

ตอนที่ 4 (ครูนฤมล)

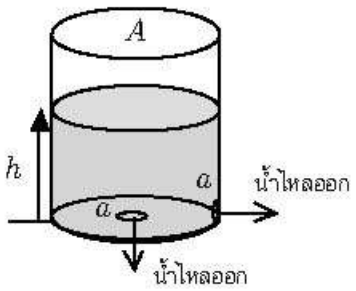
6. หลอดรูปตัวยู พื้นที่หน้าตัดสม่ำเสมอ A บรรจุของเหลวสองชนิดที่มีความหนาแน่นต่างกันและปริมาณต่างกัน พบว่าของเหลวทั้งสองอยู่ในลักษณะดังรูป โดยที่ผิวบนของของเหลวด้านซ้ายอยู่ต่ำกว่าผิวบนของของเหลวด้านขวาเป็นระยะ s และของเหลวด้านขวามีความสูง d



6.1 จงหาอัตราส่วนระหว่างความหนาแน่นของของเหลวทั้งสอง (2 คะแนน)

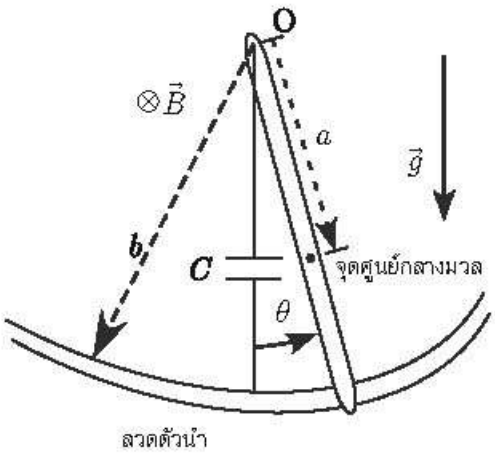
6.2 ถ้าต้องให้ผิวบนของของเหลวทั้งสองอยู่ที่ระดับความสูงเดียวกัน ต้องออกแรงกดผิวของเหลวด้านขวาด้วยแรงขนาดเท่าไร (2 คะแนน)

7. ถังใบหนึ่งมีรูปร่างเป็นทรงกระบอกพื้นที่หน้าตัด A ไม่มีฝาปิด ถังนี้ถูกเจาะรูไว้สองตำแหน่ง โดยรูที่หนึ่งอยู่ตรงกลางก้นถังและมีขนาดพื้นที่ a ส่วนรูที่สองอยู่ที่ด้านข้างถัง ประมาณระดับก้นถัง และมีขนาดพื้นที่ a เช่นกัน ทำให้มีน้ำไหลออกในแนวดิ่งจากรูที่หนึ่ง และไหลออกในแนวระดับจากรูที่สอง ขณะที่ผิวน้ำในถังสูงจากก้นถังเป็นระยะ h จงหาอัตราการไหลของน้ำที่ไหลออกจากรูที่หนึ่ง ทั้งนี้ให้ประมาณว่า *ความดันด้านข้างที่รูที่สองมีขนาดเท่ากันตลอดพื้นที่รู และให้การไหลทุกที่เป็นการไหลแบบอุดมคติ* (6 คะแนน)



ตอนที่ 5 (ครูปิยพงษ์)

8. แท่งโลหะมวล m สามารถแกว่งกวัดไปมาได้อย่างเสรีรอบแกนระดับที่ผ่านจุด O (ดูรูป) ปลายล่างของแท่งสัมผัสทางไฟฟ้ากับลวดตัวนำซึ่งโค้งเป็นส่วนของวงกลมรัศมี b ตรงกลางของลวดโค้งนี้ต่อกับจุดแขวนที่ O ผ่านตัวเก็บประจุ C อุปกรณ์ทั้งหมดอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ $\vec{B} = B(-\hat{\mathrm{k}})$ โดยที่ $\hat{\mathrm{k}}$ มีทิศทางตั้งฉากกับระนาบการแกว่งกวัดและมีทิศทางพุ่งออกจากระนาบ ระยะจากจุดแขวน O ไปยังตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลของแท่งโลหะมีขนาดเท่ากับ a โมเมนต์ความเฉื่อยของแท่งโลหะรอบแกนระดับตั้งฉากกับระนาบการแกว่งกวัดที่ผ่านจุดศูนย์กลางมวลมีค่าเท่ากับ I_{cm} ในการพิจารณาต่อไปนี้ ไม่ต้องคำนึงถึงแรงเสียดทานใด ๆ และความต้านทานใด ๆ ในวงจร



8.1 จงหาอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ $\mathcal{E}$ ในแท่งโลหะที่เวลา t ใด ๆ ขณะที่มันทำมุม θ กับแนวดิ่ง (ทิศทวนเข็มนาฬิกาให้เป็นทิศบวก) และกำลังแกว่งขึ้นไปในทิศทวนเข็มนาฬิกาด้วยความเร็วเชิงมุม $\omega = d\theta/dt$ ขณะนี้กระแสเหนี่ยวนำที่ไหลในแท่งโลหะมีทิศทางใด (5 คะแนน)

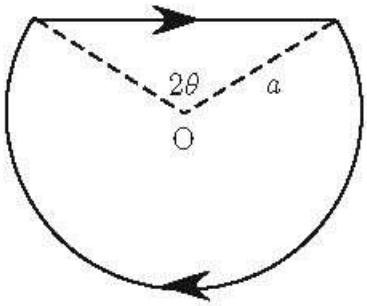
8.2 ที่เวลา t ใด ๆ ขนาดประจุ q บนตัวเก็บประจุและอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ $\mathcal{E}$ มีความสัมพันธ์กันอย่างไร และให้หาความสัมพันธ์ระหว่างกระแสเหนี่ยวนำ i ที่เวลา t ใด ๆ กับความเร่งเชิงมุม $d^2\theta/dt^2$ ของแท่งโลหะ (5 คะแนน)

8.3 ให้ i เป็นกระแสไฟฟ้าที่ไหลในแท่งโลหะ ณ เวลา t ใด ๆ จงหาทอร์กรอบจุด O เนื่องจากแรงแม่เหล็กที่ทำต่อแท่งโลหะ ณ เวลานั้น (ขนาดและทิศทาง) (5 คะแนน)

ที่เวลา t ใด ๆ องค์ประกอบในทิศ $\hat{\mathbf{k}}$ ของทอร์กรอบจุด O เนื่องจากแรงต่าง ๆ ทั้งหมดที่ทำต่อแท่งโลหะมีค่าเท่าใด (3 คะแนน)

8.4 แท่งโลหะในโจทย์ถูกดึงขึ้นไปจากแนวดิ่งเป็นมุม θ_0 เล็ก ๆ แล้วปล่อยให้เคลื่อนที่จากหยุดนิ่ง จงแสดงให้เห็นว่าแท่งโลหะจะกวัดแกว่งแบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย จงหาคาบของการกวัดแกว่งนี้ และบรรยายตำแหน่งเชิงมุม $\theta(t)$ ของแท่งโลหะจากแนวดิ่งในรูปฟังก์ชันของเวลา t หลังจากปล่อย (7 คะแนน)

9. กระแสไฟฟ้า I ไหลผ่านลวดตัวนำซึ่งโค้งงอดังรูป จงใช้กฎของบิโอต์-ซาวาร์ตหาสนามแม่เหล็ก $\vec{B}$ ที่จุด O ซึ่งเป็นจุดศูนย์กลางของส่วนโค้งวงกลมรัศมี a (10 คะแนน)



10. อุปกรณ์ไฟฟ้ากล่องหนึ่งมีขั้วไฟฟ้าสองขั้วสำหรับต่อกับภายนอก ภายในมีตัวต้านทาน $R = 1000\ \Omega$ ต่อขนานกับ (ขดลวดเหนี่ยวนำความต้านทานต่ำ $L = 796\ \mu\text{H}$ ซึ่งต่ออนุกรมกับตัวเก็บประจุ $C = 31.8\ \mu\text{F}$) ต่ออุปกรณ์ไฟฟ้านี้กับแหล่งไฟฟ้ากระแสสลับ $10.0\ \text{V}$ ความถี่ $50.0\ \text{Hz}$ (10 คะแนน)

10.1 ให้หาว่ามีกระแสไฟฟ้าเข้าอุปกรณ์เท่าใด

10.2 กระแสที่เข้าอุปกรณ์และความต่างศักย์คร่อมอุปกรณ์ อะไรมีเฟสนำอะไรอยู่เท่าใด

11. ในการแทรกสอดระหว่างแหล่งคลื่นสองแหล่ง แหล่งทั้งสองจะต้องเป็นแหล่งอาพันธ์ (10 คะแนน)

11.1 จงให้นิยามความเป็นอาพันธ์ระหว่างแหล่งคลื่นสองแหล่ง

11.2 **เมื่อสิ่งขวางกั้นทำให้มีการเลื่อนมุมมอง** แสงเลเซอร์ลำขนานความยาวคลื่น $\lambda = 632.8$ nm ตกกระทบตั้งฉากบนช่องสลิตคู่แคบและขนานกัน ทำให้ปรากฏริ้วแบบรูปการแทรกสอดบนฉากด้านหลังสลิตที่ระยะไกลจากสลิต เพื่อหลอกผู้สังเกตให้เห็นแบบรูปที่ตำแหน่งผิดไป มือที่สามได้เอาแผ่นใสหนา $t = 10.0$ μm ทำจากวัสดุอวตารที่มีดัชนีหักเห $n = 1.633$ ไปปิดที่ช่องสลิตช่องบน ทำให้ริ้วแบบรูปการแทรกสอดเลื่อนไป จงหาว่าริ้วการแทรกสอดเลื่อนไปกี่ริ้ว และเลื่อนไปทางด้านใด

12. ในการทดลองโฟโตอิเล็กทริกครั้งหนึ่ง ความยาวคลื่นขีดเริ่มที่ทำให้เกิดโฟโตอิเล็กตรอนจากอลูมินัมมีค่าเท่ากับ 332 nm จงหา (5 คะแนน)

12.1 ฟังก์ชันงาน W ของอลูมินัม

12.2 ความยาวคลื่น λ ของแสงที่ทำให้ต้องใช้ศักย์หยุดยั้ง $V_s = 1.00$ V ในการหยุดกระแสโฟโตอิเล็กทริก

ตอนที่ 6 (ครูรับภาคย์)

13. ถ้าต้องการทำให้อัตราเร็วของคลื่นตามยาวในลวดเส้นหนึ่ง (ซึ่งทำจากวัสดุที่มีความหนาแน่น ρ พื้นที่หน้าตัด A และมีค่ามอดุลัสของยัง Y) มีค่าเป็นสิบเท่าของอัตราเร็วของคลื่นตามขวางในเส้นลวดเดียวกัน จะต้องยืดเส้นลวดให้มีความตึงเท่าใด (ให้ตอบในรูปของตัวแปรที่ให้มา) (3 คะแนน)

14. คลื่นเสียงความถี่ f_0 ความยาวคลื่น λ_0 คลื่นหนึ่ง กำลังเคลื่อนที่ไปทางขวามือเข้าหาแผ่นวัตถุขนาดใหญ่แผ่นหนึ่งซึ่ง (1) เป็นตัวสะท้อนเสียงที่ดี (2) วางตัวโดยมีพื้นหน้าของแผ่นตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง และ (3) กำลังเคลื่อนที่ไปทางซ้ายด้วยอัตราเร็ว u (7 คะแนน)

14.1 จงหาจำนวนคลื่นเสียงที่ตกกระทบแผ่นวัตถุในช่วงเวลา t

14.2 คลื่นเสียงที่สะท้อนออกจากแผ่นวัตถุที่เวลา $t = 0$ s จะอยู่ห่างจากแผ่นวัตถุเป็นระยะทางเท่าใดที่เวลา t

14.3 จงหาความยาวคลื่นของคลื่นเสียงที่สะท้อนออกจากแผ่นวัตถุ

14.4 ถ้ามีผู้สังเกตคนหนึ่งอยู่นิ่งทางซ้ายของแผ่นวัตถุ เขาจะได้ยินเสียงรวมจากแหล่งกำเนิดเสียงเดิมและเสียงที่สะท้อนจากแผ่นวัตถุเป็นอย่างไร