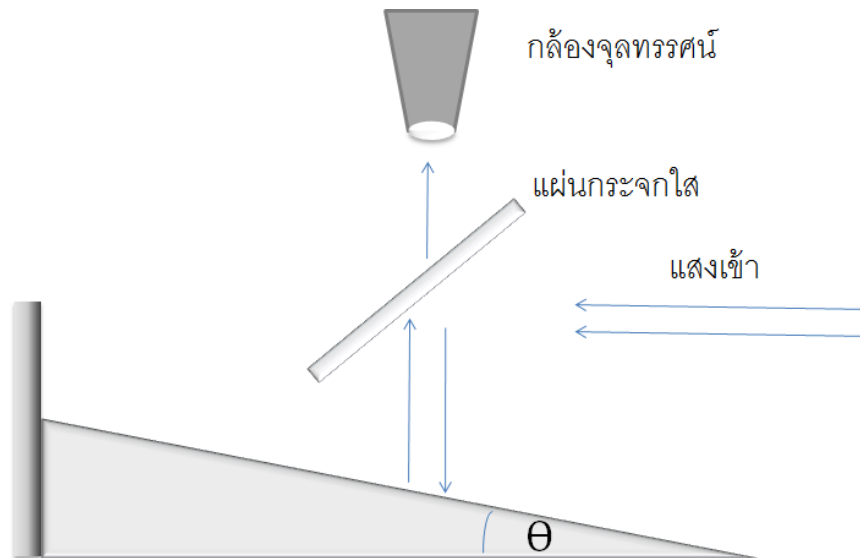


ข้อที่ 1 แสงเสียง [10.0 คะแนน]

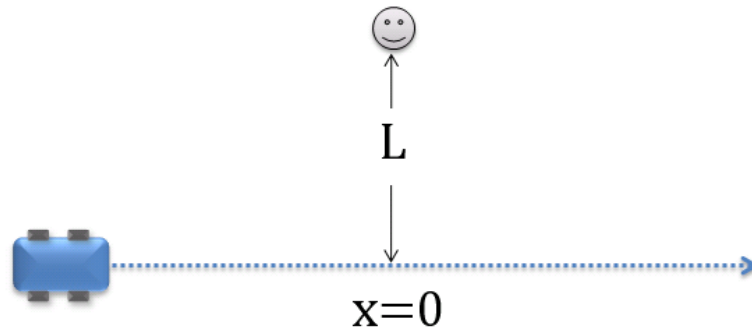
1.1) แสงกระทบลิ้นไฟ [5.0 คะแนน]



แสงความยาวคลื่น λ ตกกระทบลิ้นไฟยาว L_0 ถูกตรึงอยู่ที่ปลายข้างหนึ่ง (ด้านซ้าย) มีดัชนีหักเห n ทำมุมเอียง θ ซึ่งมีค่าน้อย ๆ ดังรูป และทำให้เกิดริ้วการแทรกสอดที่สังเกตเห็นได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์

- ก) จงหาเงื่อนไขการแทรกสอดแบบเสริมกันที่ตำแหน่งความสูง y ใด ๆ [1.5 คะแนน]
- ข) จงหาระยะห่างในแนวแกนราบระหว่างริ้วการแทรกสอดในลำดับถัดจากกัน [1.0 คะแนน]
- ค) เมื่อลิ้นได้รับความร้อนอย่างสม่ำเสมอทั้งแท่ง จนอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ΔT จะสังเกตเห็นริ้วการแทรกสอดเลื่อนผ่านไปได้เป็นจำนวนทั้งหมด ΔN ริ้ว ถ้าดัชนีหักเหของลิ้นแก้วไม่เปลี่ยนไปตามอุณหภูมิ จงหาค่าสัมประสิทธิ์เชิงเส้นของการขยายตัวเชิงความร้อนในหนึ่งมิติ α สำหรับลิ้นแก้วนี้ [1.5 คะแนน]
- ง) จงแสดงว่าในช่วงที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น จะสังเกตเห็นริ้วเลื่อนไปทางด้านที่หนาขึ้น หรือด้านที่บางลงของลิ้น [1.0 คะแนน]

1.2) ความถี่เสียงของแหล่งกำเนิดวิ่งผ่านหน้า [5.0 คะแนน]



แหล่งกำเนิดเสียงความถี่ f_0 เคลื่อนที่เป็นแนวเส้นตรงด้วยอัตราเร็วคงตัว u ผู้สังเกตอยู่ห่างจากแนวเส้นตรงนี้เป็นระยะตั้งฉาก L กำหนดให้ตำแหน่งที่จุดตั้งฉากนี้เป็น $x=0$ และอัตราเร็วเสียงเป็น v

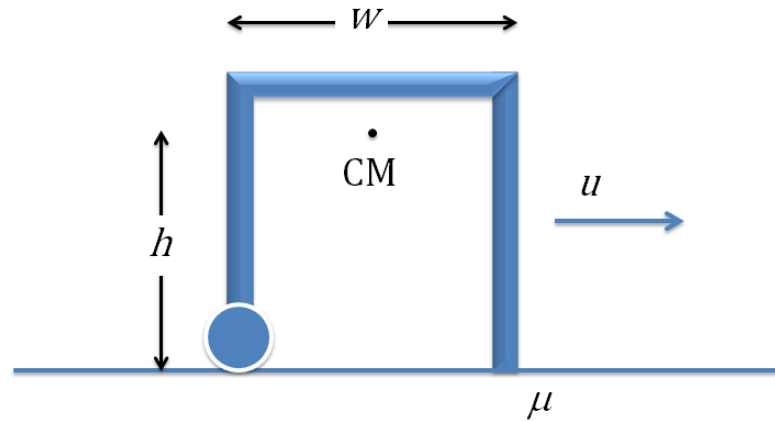
ก) จงหาว่าขณะที่แหล่งกำเนิดอยู่ในตำแหน่งที่ใกล้ผู้สังเกตมากที่สุด เขาจะได้ยินเสียงความถี่เป็นเท่าใด

[3.0 คะแนน]

ข) ในขณะที่ผู้สังเกตได้ยินเสียงที่ความถี่เดียวกับแหล่งกำเนิด f_0 แหล่งกำเนิดจะอยู่ห่างจากผู้สังเกตเท่าใด

[2.0 คะแนน]

ข้อที่ 2 โตะมีล้อด้านเดียว [10.0 คะแนน]



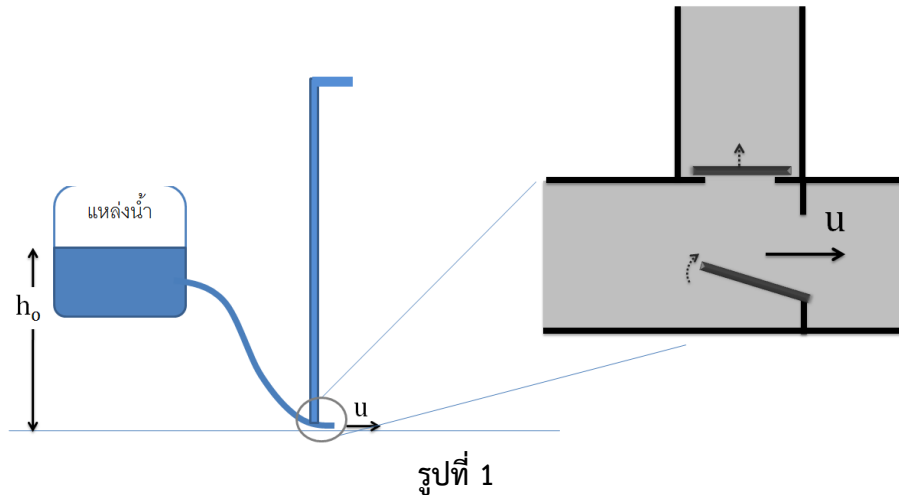
แผนภาพมองจากด้านข้าง

โตะมวล M กว้าง w มีจุดศูนย์กลางมวล (CM) สูงจากพื้น h ในแนวกึ่งกลางโตะ ขาโตะด้านหลังมีล้อเบาหมุนได้โดยไม่ฝืด ด้านหน้าไม่มีล้อและมีสัมประสิทธิ์ความเสียดทานกับพื้น μ
ถ้าโตะนี้กำลังเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วต้น u ในแนวระดับ ไปทางขวา ดังรูป

- ก) โตะจะเคลื่อนที่ไปได้เป็นระยะทางเท่าใดจึงจะหยุด [4.6 คะแนน]
- ข) จงหาช่วงของค่า μ ที่โตะสามารถเคลื่อนที่ได้โดยไม่ล้มคว่ำ [1.7 คะแนน]
- ค) หากโตะเคลื่อนที่ในทิศกลับกันโดยมีล้ออยู่ด้านหน้า ด้วยอัตราเร็วต้น u เท่าเดิม ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้จะเป็น n เท่าของระยะทางในข้อ ก) จงหาค่า μ ในรูปของ n, w และ h [3.7 คะแนน]

ข้อที่ 3 [10.0 คะแนน]

3.1) ตะบันน้ำ [6.0 คะแนน]

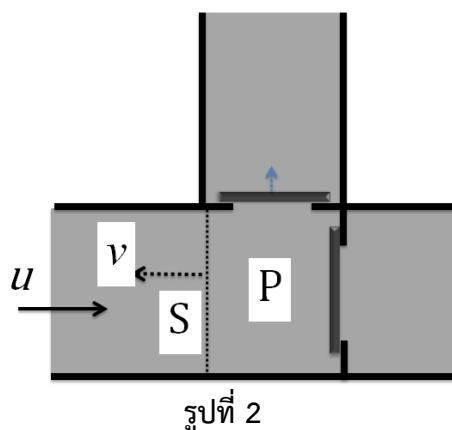


ตะบันน้ำเป็นกลไกในการสร้างความดันสูงให้แก่ น้ำโดยปล่อยน้ำมาจากที่สูงระดับหนึ่งแล้วเปิด-ปิดให้ไหลและหยุดไหลเป็นจังหวะ ซึ่งจะทำให้เกิดแรงดันสูงในน้ำตรงบริเวณด้านหน้าของวาล์วเปิด-ปิด กลไกนี้สามารถใช้สูบน้ำ ให้ไปสู่ตำแหน่งที่สูงขึ้นยิ่งกว่าระดับเริ่มต้นของน้ำ

หัวใจของกลไกคือท่อที่ทำจากวัสดุทนแรงดันและด้านล่างมีวาล์วเปิด-ปิด ต่อกับแหล่งน้ำความสูง h_0 เพื่อปล่อยน้ำไหลลงมา ในจังหวะที่วาล์วเปิดอยู่ น้ำจะไหลออกจากท่อด้วยอัตราเร็ว u ดังรูปที่ 1 และกำหนดให้ความดันบรรยากาศเป็น P_a

- ก) ถ้าการไหลของน้ำในท่อมีการสูญเสียพลังงานน้อยมาก จงหา u ในรูปของ h_0 และอัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง g

[0.5 คะแนน]



ทันทีที่วาล์วปิดลงอย่างรวดเร็ว กระแสน้ำที่ไหลปะทะกับวาล์วจะประมาณได้ว่าหยุดไหลทันที ดังรูปที่ 2 ในขณะที่กระแสน้ำที่ตามมาทางด้านซ้ายมือจะยังคงไหลอยู่ด้วยอัตราเร็วเดิม โดยสมมติได้ว่ามีรอยต่อ S แบ่งเขตน้ำที่หยุดนิ่งและน้ำที่ยังคงไหลอยู่ ปริมาตรน้ำที่หยุดนิ่งจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆเมื่อเวลาผ่านไป ซึ่งจะทำให้รอยต่อ S เคลื่อนที่ไปทางด้านซ้ายเรื่อยๆ ด้วยอัตราเร็ว v

กลไกสำคัญที่ทำให้เกิดแรงดันสูงหน้าวาล์วคือการบีบอัดตัวของน้ำที่ถูกทำให้หยุดนิ่งอย่างฉับพลัน

- ข) ในเวลา Δt หลังจากวาล์วถูกปิด จะมีน้ำหยุดนิ่งเป็นปริมาตร V' เท่าใด โดยให้ทอมมีพื้นที่หน้าตัด A

[0.4 คะแนน]

- ค) ก่อนที่น้ำในข้อ ข) จะหยุดนิ่ง เดิมมีปริมาตร V_0 เท่าใด และปริมาตรของน้ำที่โดนบีบอัด

$$\Delta V = V_0 - V' \text{ มีค่าเท่าใด}$$

[1.2 คะแนน]

- ง) จงหาโมเมนตัมของน้ำที่เปลี่ยนไปในช่วงเวลา Δt

[1.0 คะแนน]

- จ) จงหาผลต่างของความดันทั้งสองข้างของรอยต่อ S

[0.9 คะแนน]

- ฉ) จงหาความสัมพันธ์ของ v กับมอดูลัสเชิงปริมาตร B และให้ประมาณว่าความหนาแน่นของน้ำ ρ มีค่าคงตัวไม่เปลี่ยนแปลงตามแรงดัน และ $v \gg u$

[0.6 คะแนน]

คำแนะนำ B นิยามได้เป็นค่าความดัน ΔP ที่ต้องใช้เพื่อให้อัตราส่วนปริมาตรเปลี่ยนไป $\frac{\Delta V}{V_0}$ หรือ

$$\Delta P = B \frac{\Delta V}{V_0} \text{ โดยที่ } V_0 \text{ และ } \Delta V \text{ นิยามไว้ในข้อ ค)}$$

น้ำที่หยุดนิ่งจะมีความดันสูงและสามารถดันให้วาล์วอีกตัวหนึ่งด้านบนของท่อเปิดออกได้ และทำให้น้ำไหลเข้าไปสู่อันที่ด้านบนและเพิ่มระดับสูงขึ้น

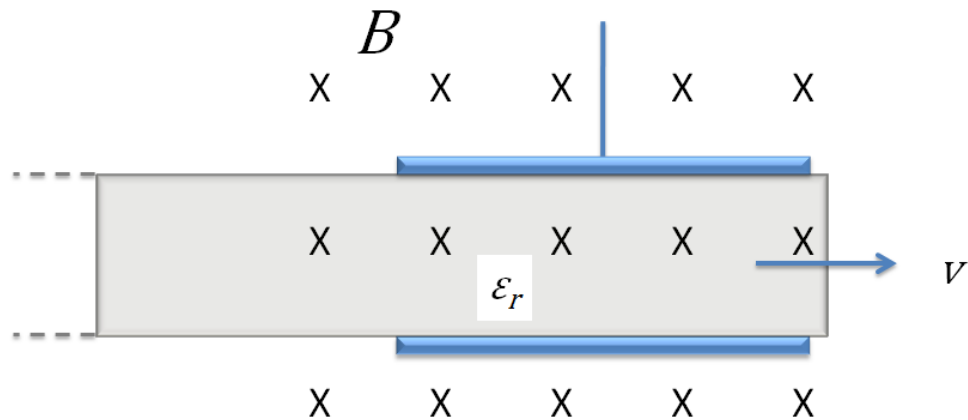
- ช) จงหาความดัน P ของน้ำที่หยุดนิ่งนี้

[0.7 คะแนน]

- ซ) จงหาระดับความสูงของน้ำที่สูงที่สุด h' ซึ่งน้ำจะขึ้นไปถึงได้ ในรูปของ v และ h_0

[0.7 คะแนน]

3.2) ไดอิเล็กทริกในสนามแม่เหล็ก [4.0 คะแนน]



ตัวเก็บประจุแบบแผ่นขนานมีพื้นที่ A และอยู่ห่างกัน d เมื่อเริ่มต้นไม่มีประจุสะสมอยู่ มีแผ่นไดอิเล็กทริกหนาซึ่งมีความยาวมากและมีค่าคงที่ไดอิเล็กทริก ϵ_r สอดอยู่เต็มช่องระหว่างแผ่นขนาน อยู่ภายใต้สนามแม่เหล็ก $\vec{B}$ ในทิศขนานกับแผ่นตัวเก็บประจุ ดังรูป (โดยมีทิศเข้าไปในกระดาษ) จากนั้นดึงแผ่นไดอิเล็กทริก ออกไปด้วยอัตราเร็ว v ในทิศที่ขนานกับแผ่นตัวเก็บประจุและตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก $\vec{B}$ ซึ่งจะทำให้มีการแยกขั้วประจุในแผ่นไดอิเล็กทริกจนเกิดประจุสะสมที่ผิวบนและล่างของแผ่นไดอิเล็กทริก

- จงระบุชนิดประจุ(บวกหรือลบ)ที่สะสมอยู่ที่ผิวบนและล่างของแผ่นไดอิเล็กทริกตามลำดับ [0.4 คะแนน]
- แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุใดๆ ในแผ่นไดอิเล็กทริกนี้จะเทียบเท่ากับแรงกระทำกับประจุที่เกิดจากสนามไฟฟ้ายังผล $\vec{E}_0$ จากภายนอกซึ่งส่งผลต่อแผ่นไดอิเล็กทริก จงหาขนาดและทิศทางของสนามไฟฟ้ายังผลนี้ [1.3 คะแนน]
- จงหาสนามไฟฟ้า $\vec{E}_1$ ภายในแผ่นไดอิเล็กทริก ที่เป็นผลจากการกระทำของสนามไฟฟ้ายังผลจากภายนอกที่หาได้จากข้อ ข) [0.7 คะแนน]
- สนามไฟฟ้าที่หาได้ในข้อ ค) เป็นผลรวมของสนามไฟฟ้ายังผลจากภายนอก $\vec{E}_0$ และสนามไฟฟ้าที่เกิดจากการแยกขั้ว (โพลาไรเซชันทางไฟฟ้า) ของไดอิเล็กทริก $\vec{E}_2$ จงหาขนาดและทิศทางของ $\vec{E}_2$
คำแนะนำ นักเรียนอาจจะพิจารณาว่า $\epsilon_r > 1$ [1.0 คะแนน]
- เนื่องจากไม่มีประจุอิสระเคลื่อนที่ในแผ่นไดอิเล็กทริก ดังนั้นความต่างศักย์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำในวงจรจึงเกิดจากสนามไฟฟ้าของการแยกขั้วประจุเพียงอย่างเดียว จงหาความต่างศักย์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ [0.6 คะแนน]
