

Jaan Kalda, Oskar Vallhagen

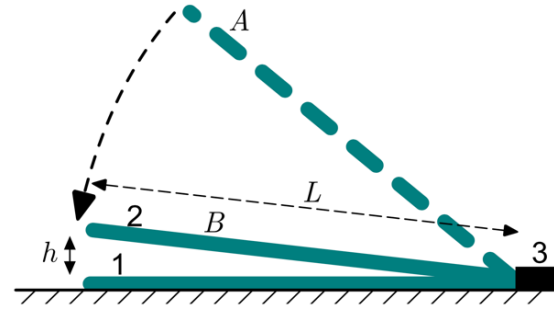
تخيل طريقة افتراضية للتنقل عبر الفضاء يتم فيها استخدام الفوتونات لدفع سفينة فضائية كتلتها الساكنة  $M = 1 \times 10^5 \text{ kg}$ . وقود السفينة (مادة مضادة) يتلاشى مع مادة مساوية له بالكتلة ليكون فوتونات تنتج بدورها قوة رد فعل، علماً بأن هذه المادة تجمع من البلازما الضئيلة عبر الفضاء (اعتبر أن سرعة البلازما صفر بالنسبة للإطار المرجعي للأرض). سرعة الضوء  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ .

- (نقطة) ما هو المعدل الابتدائي  $\mu \text{ (kg/s)}$  المفترض لحرق المادة المضادة ليكون تسارع السفينة مساوي لتسارع الجاذبية في الأرض  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ ؟
- (3 نقاط) عندما تقل كتلة السفينة الساكنة وتصل إلى  $m_f = M/10$  يتم إطفاء محركاتها. ما هي سرعة السفينة النهائية؟
- (نقطة) يتم قياس تردد الفوتونات المبعوث من خلال مشاهد على الأرض. ما هو قياس تردد آخر الفوتونات (التي بعثت قبل إطفاء المحرك بلحظات) من قبل المشاهد على الأرض إذا كان التردد في إطار السفينة ثابت بمقدار  $f_o$ .

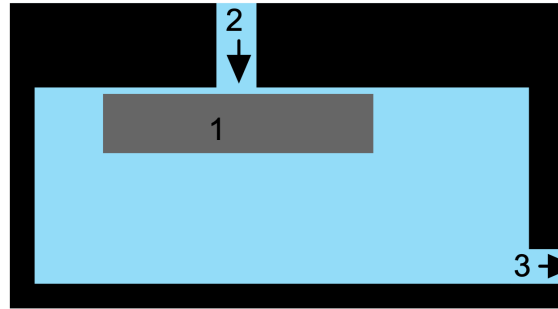
2. تدفق الغاز والسوائل (10 نقاط)

Jaan Kalda, Päivo Simson.

- (نقطة واحدة) إذا جعلت صحن زجاجي يقع على صحن زجاجي آخر بحيث أنه لا ينكسر بل يقف بهدوء. الشكل يمثل صحن (1) موضوع على الأرض وصحن آخر (2) يقع بينما يوجد نتوء (3) يمنعه من أن ينزلق. الصحن الواقع بدأ من الوضع A والآن هو في الوضع B على ارتفاع قليل  $h = h_o$  من الصحن الساكن ويقع حالياً بسرعة زاوية بمقدار  $\omega_o$ . ما هي سرعة الهواء بين الصحنين قرب زاوية اليسار القصوى؟
- (2.5 نقطة) الصحن الزجاجي له عرض  $L \gg h_o$  وسمك  $t \gg L$  وكثافة  $\rho_g$  وطوله (باتجاه داخل الصفحة) أكبر بكثير من  $L$ . ما هو اعتماد السرعة الزاوية على الارتفاع  $h$  أثناء الحركة التالية إن كانت كثافة الهواء  $\rho_a$ ؟ تجاهل الجاذبية ولزوجة الهواء وانضغاطيته. اعتبر تدفق الهواء صفيحي.



- (3 نقاط) قرص حجري أسطواني (موضح على الشكل "1") له نصف قطر  $R$  وسمكه  $h$  وكثافته  $\rho_s$  مضغوط على سقف حوض مملوء بماء كثافته  $\rho_w$ . على سطح السقف، توجد نتوءات صغيرة تكون فراغ صغير سمكه  $R \ll t$  بين القرص وسقف الحوض. الماء يتدفق من أنبوب (معلم على الشكل ب "2") ويخرج من أنبوب آخر بعيد معلم على الشكل "3") له نصف قطر  $r \ll R$  يتوافق محوري مع القرص إلى الحوض. نصف قطر الأنبوب أكبر بكثير من الفراغ بين القرص والسقف  $t \gg r$ . ما هو التدفق الكتلي  $\mu \text{ (kg/s)}$  من الأنبوب ليمنع القرص من السقوط؟ تسارع السقوط الحر هو  $g$ .



- (0.5 نقطة) المحركات التوربينية البخارية تستخدم بكثرة في محطات توليد الكهرباء. بالنسبة لنموذج مبسط: يتم غلي الماء بدرجة  $t_f = 180^\circ \text{ C}$  وضغط  $P_f = 1 \times 10^6 \text{ Pa}$  (يمكن أن يكون للمحركات الفعلية ضغط أكبر بكثير) وبخار الماء يتدفق من مجرى أسطواني مساحته المقطعية  $A = 1 \text{ cm}^2$  وضغط المحيط الخارجي  $p_o = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$ . أوجد الفرق الإنتروبي  $\Delta S$  لمول واحد من بخار الماء ومول واحد من الماء (الكتلة المولية  $M = 18 \text{ g/mol}$ )

والحرارة الكامنة عند  $L = 2.3 \text{ MJ/kg}$  في المنفذ الخارجي.

- (3 نقاط) أوجد التدفق الكتلي  $\mu$  للبخار المتدفق وأوجد الكتلة النسبية  $r$  للماء السائل في البخار المتدفق. خلال التدفق إلى المجرى وداخله، افترض أن توسع بخار الماء قابل للعكس (أي أن التوصيل الحراري يمكن تجاهله وهناك اتزان دائم بين الحالة الغازية والحالة السائلة) ونسبة السعة الحرارية الأديباتكية  $\gamma = 4/3$ .

3. محطة الفضاء الدورانية (13 نقطة)

Jaan Kalda, Kaarel Hänni.

محطة فضائية على مدار جغرافي ثابت عبارة عن أسطوانة طولها  $L = 100 \text{ km}$  ونصف قطرها  $R = 1 \text{ km}$  مملوءة بهواء (الكتلة المولية  $M = 29 \text{ g/mol}$ ) ضغطه مساوي للضغط الجوي ودرجة حرارته  $T = 295 \text{ K}$ . تدور المحطة حول محورها لتحاكي جاذبية الأرض  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$  ويبعد الجدار الأسطواني أرض للأشخاص الموجودين.

- (0.5 نقطة) ما هو زمن الدورة الكاملة  $T$ ؟
- (نقطتان) كرة قذفت من نقطة معينة على الأرضية سقطت على نفس النقطة بعد  $\tau/2$ . ما هي سرعة قذف الكرة (تجاهل المقاومة الهوائية)؟ (نقطتان) بالون كروي قطره  $r = 3 \text{ m}$  مملوء بالهيليوم (الكتلة المولية  $M' = 4 \text{ g/mol}$ ) يستعمل لرفع كتلة وزنها غير معروف  $m$ . الكتلة مثبتة بالبالون الكروي بحبل طوله  $L = 20 \text{ m}$  ويرتفع نظام البالون-كتلة حتى يقف عند  $H = 500 \text{ m}$  من سطح الأرضية. ما هي كتلة الجسم  $m$ . حبل له كثافة طولية  $\lambda = 1 \text{ kg/m}$  مثبت بأرضية المركبة بين نقطتين يبعد كل منهما  $2R$  عن الآخر. اجعل A و B تمثل نهايتي الحبل و C منتصف الحبل.
- (1.5 نقطة) اعتبر أن ارتفاع النقطة C من الأرض هو  $h$ . احسب الفرق بين قوة الشد  $T_A - T_C$  بين النقطتين A و C.
- (1.5 نقطة) اعتبر أن الزاوية بين الحبل والأرض عند النقطة A هي  $\alpha$ . احسب النسبة بين قوتي الشد  $T_A/T_C$ .
- (1.5 نقطة) أوجد  $T_C$  إذا كان  $h = 495 \text{ m}$  بتقريب شكل الحبل لقطع مكافئ (parabola).
- (نقطتان) الجدران الحديدية للمحطة تحتوي على شحنة كلية  $Q$ . داخل المحطة تطفو كرة مشحونة فوق الأرضية بدون حركة. أوجد النسبة بين الشحنة والكتلة  $q/m$  للكرة. تجاهل تأثير الشحنات المحثة من الكرة المشحونة على الأرضية.

viii. (نقطتان) قانون جاوس ينص على أن  $\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = 0$  حيث ان التكامل مأخوذ على سطح مغلق على حجم  $V$  لا يحتوي على شحنات. كيف يجب أن يتم تعديل قانون جاوس من مراقب على متن المحطة في حالة عدم وجود شحنات غير الشحنة الكلية  $Q$  الموزعة على محيط المحطة.

#### 4. القفاز القابل للتمدد (8 نقاط)

Eero Uustalu.

الأدوات ثلاث أزواج من القفازات الطبية المطاطية الشبه شفافة على الأقل، لفة من شريط لاصق (شطرطون) المكتبي الشفاف، مقص حاد، أربع أوراق على الأقل بحجم **A4** أو حجم أكبر من ورق الرسم البيانية، ثلاث مساطر، مقياس طول (متر) مرن طوله متر على الأقل، وقلم سبورة. يمكنك قطع القفاز لقطع عديدة كما تحتاج. يمكن تثبيت القفاز على طاولتك باستخدام الشطرطون أو المسطرة أو كلاهما.

المطاط مادة مرنة ويمكن اعتبار أن حجمه يبقى ثابت أثناء شده إلى أن ينقطع. لكل المهام ارسم كيفية تثبيتك للتجربة و اشرح الخطوات التي اتخذتها لتحصل على أدق نتيجة وقم بتدوين النتائج.

i. (نقطة) احسب الإجهاد الأقصى  $\epsilon_m$  للمطاط (الإجهاد عندما ينقطع

المطاط). تعريف الإجهاد هو الزيادة النسبية للطول:

$\epsilon = (l - l_0) / l_0$  حيث  $l$  هو الطول بعد الشد و  $l_0$  هو الطول من غير شد (الطول الأصلي).

ii. (7 نقاط) حدد وارسم رسم بياني للعلاقة بين الإجهاد والانفعال للمطاط.

يعرف الانفعال كقوة الشد لكل وحدة مساحة مقطعية. عبر عن الانفعال  $\sigma$  نسبة للانفعال الأقصى (عند نقطة القطع).