

## NORDIC-BALTIC PHYSICS OLYMPIAD 2021

### 1. TÊN LỬA PHOTON (5 điểm).

Xét một chuyến du hành giả tưởng giữa các vì sao bằng tàu vũ trụ sử dụng tên lửa photon. Tàu có khối lượng nghỉ  $M = 1 \times 10^5 \text{ kg}$ . Nhiên liệu trên tàu ở dưới dạng phân vật chất. Phân vật chất từ tàu phóng ra sẽ phản ứng với vật chất trong môi trường plasma rất loãng trong vũ trụ để giải phóng ra các photon, đẩy tàu chuyển động về phía trước. Coi vật chất của plasma loãng có vận tốc bằng không so với trái đất, vận tốc ánh sáng là  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ .

i) (1 điểm) Tính tốc độ tiêu hao lúc ban đầu của phân vật chất  $\mu \text{ (kg/s)}$  để tàu đạt được một gia tốc bằng với gia tốc rơi tự do trên Trái đất ( $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ ).

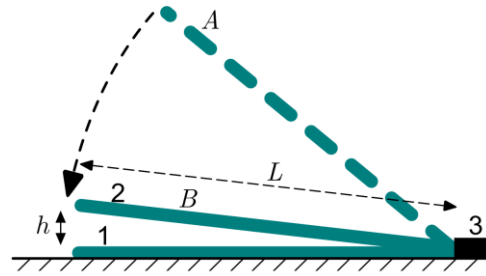
ii) (3 điểm) Động cơ của tàu vũ trụ được ngừng chạy khi khối lượng nghỉ của tàu giảm xuống tới  $m_f = M/10$ . Hãy tính tốc độ của tàu lúc này.

iii) (1 điểm) Tần số của các photon phát ra từ tàu được đo bởi một người quan sát đứng trên mặt đất. Tính tần số của các photon (trong hệ quy chiếu mặt đất) được phát ra ngay trước khi động cơ của tàu vũ trụ bị ngừng? Coi tần số của photon trong hệ quy chiếu gắn với tàu vũ trụ là không đổi và bằng  $f_0$ .

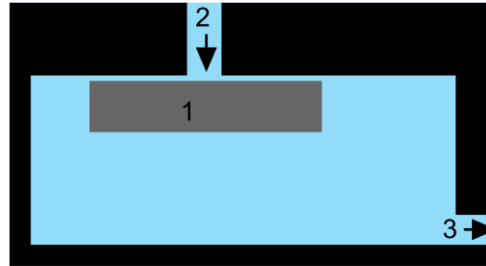
### 2. DÒNG CHẤT LƯU (10 điểm)

i) (1 điểm) Trong hình vẽ bên dưới, tấm kính số (1) nằm trên mặt sàn nằm ngang, tấm kính số (2) được thả rơi xuống tấm kính số (1) từ vị trí ban đầu  $A$ . Chốt số (3) dùng để giữ cho hai tấm kính không trượt lên nhau trong quá trình tấm số (2) rơi xuống (với điều kiện như vậy thì tấm số (2) sẽ không bị vỡ mà từ từ rơi xuống tới khi nằm trên tấm số (1)). Khi tấm số (2) rơi xuống tới vị trí  $B$  với độ cao rất nhỏ là  $h = h_0$ , nó có tốc độ góc là  $\omega_0$ . Hãy tính tốc độ của lớp không khí giữa hai tấm kính tại vị trí ngay sát đầu bên trái.

ii) (2.5 điểm) Tấm kính có bề rộng là  $L \gg h_0$ , độ dày là  $t \ll L$ , khối lượng riêng là  $\rho_g$ , và độ dài (theo hướng vuông góc với mặt phẳng hình vẽ) là rất lớn so với  $L$ . Hãy tìm sự phụ thuộc của tốc độ góc của tấm kính vào độ cao  $h$  trong quá trình chuyển động tính từ vị trí  $B$ . Cho biết khối lượng riêng của không khí là  $\rho_a$ . Bỏ qua trọng lượng, độ nhớt cũng như sự co giãn của không khí. Coi không khí luôn chuyển động theo dòng.



iii) (3 điểm) Trong hình bên dưới, một phiến đá (1) dưới dạng đĩa hình trụ bằng có bán kính  $R$ , độ dày  $h$ , khối lượng riêng  $\rho_s$  đang được áp sát vào thành phía trên của một bể chứa đầy nước. Khối lượng riêng nước là  $\rho_w$ . Do trên thành bể có các chốt nhỏ nên mặt phía trên của phiến đá luôn được giữ cách thành bể một khoảng  $t \ll R$ . Nước được bơm vào bể từ lỗ số (2) và chảy ra khỏi bể từ lỗ số (3). Bán kính lỗ là  $r \ll R$ . Lỗ số (2) đồng trục với với phiến đá. Bán kính của lỗ là rất lớn so với khoảng cách giữa phiến đá và thành phía trên của bể,  $r \gg t$ . Hãy tính tốc độ chảy của nước  $\mu \text{ (kg/s)}$  từ lỗ (2) sao cho phiến đá không bị chìm xuống? Cho biết gia tốc rơi tự do là  $g$ .



iv) (0.5 điểm) Turbine hơi nước được sử dụng rộng rãi trong các trạm năng lượng. Theo một mô hình đơn giản, nước sẽ được đun sôi ở nhiệt độ  $t_s = 180 \text{ }^\circ\text{C}$  và áp suất  $p_t = 1 \times 10^6 \text{ Pa}$  (turbine dùng trong thực tế đạt áp suất cao hơn rất nhiều). Dòng hơi nước hình thành được dẫn trong một ống có tiết diện ngang là  $A = 1 \text{ cm}^2$ . Áp suất khí quyển là  $p_0 = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$ . Hãy tìm độ biến thiên entropy  $\Delta S$  của một mol hơi nước và một mol nước (chất lỏng) phóng ra từ ống dẫn? Cho biết khối lượng phân tử của nước  $M = 18 \text{ g/mol}$ , nhiệt hóa hơi tại  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  là  $L = 2.3 \text{ MJ/kg}$ .

v) (3 điểm) Hãy tính tốc độ khối lượng lưu thông  $\mu \text{ (kg/s)}$  của hơi nước và nước bên trong ống dẫn. Tính tỉ lệ phần trăm khối lượng nước trong ống dẫn? Coi rằng trong quá trình đi vào và chuyển động dọc theo

ống dẫn, sự giãn nở của hơi nước là thuận nghịch (tức là bỏ qua sự truyền nhiệt và coi như luôn có một trạng thái cân bằng pha giữa hơi nước và nước lỏng). Cho biết chỉ số đoạn nhiệt của hơi nước là  $\gamma = 4/3$ .

### 3. CHUYỂN ĐỘNG CỦA TRẠM KHÔNG GIAN (13 điểm).

Một trạm không gian đang ở trên quỹ đạo địa tĩnh của nó. Trạm có dạng một hình trụ, chiều dài  $L = 100 \text{ km}$  và bán kính  $R = 1 \text{ km}$  được chứa đầy không khí (khối lượng phân tử  $M = 29 \text{ g/mol}$ ) ở áp suất khí quyển và nhiệt độ  $T = 295 \text{ K}$ . Thành bên trong của trạm đóng vai trò như một mặt sàn cho người sống trong đó. Trạm quay quanh trục của nó với vận tốc phù hợp để tạo ra một gia tốc hấp dẫn  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$  vuông góc đối với mặt sàn.

i) (0.5 điểm) Hãy tính chu kì quay của trạm  $\tau$ .

ii) (2 điểm) Một quả bóng được ném lên từ một điểm trên mặt sàn. Sau một khoảng thời gian  $t = \pi/2$  người ta bắt được quả bóng này ngay tại vị trí ném lúc ban đầu. Tính vận tốc ném bóng? Bỏ qua sức cản của không khí.

iii) (2 điểm) Một khí cầu bán kính  $r = 3 \text{ m}$  chứa đầy khí heli (khối lượng phân tử  $M = 4 \text{ g/mol}$ ) được sử dụng để nâng một vật nặng có khối lượng  $m$ . Vật nặng được treo vào khí cầu bởi một đoạn dây nhẹ có độ dài  $L = 20 \text{ m}$ . Khí cầu bay lên rồi dừng lại ở độ cao  $H = 500 \text{ m}$  so với mặt sàn. Hãy xác định khối lượng  $m$  của vật nặng?

Có một dây thừng dài có mật độ khối lượng dài  $\lambda = 1 \text{ kg/m}$  được nối giữa hai điểm  $A$  và  $B$  nằm trên sàn và đối xứng với nhau qua trục của trạm (khoảng cách hai điểm  $A$  và  $B$  là  $2R$ ). Kí hiệu  $C$  là điểm chính giữa của sợi dây.

iv) (1.5 điểm) Giả sử rằng độ cao của điểm  $C$  so với mặt sàn là  $h$ . Hãy xác định hiệu số của lực căng của dây thừng tại hai điểm  $A$  và  $C$ ,  $T_A - T_C$ ?

v) (1.5 điểm) Giả sử rằng tại điểm  $A$ , sợi dây tạo một góc  $\alpha$  với mặt sàn. Hãy xác định tỉ số lực căng  $T_A/T_C$ ?

vi) (1.5 điểm) Tính  $T_C$  nếu biết  $h = 495 \text{ m}$  và coi rằng sợi dây tạo thành một đường có hình parabol.

vii) (2 điểm) Thành tường kim loại của trạm vũ trụ mang điện tích  $Q$ . Bên trong trạm có một quả cầu tích điện đang lơ lửng và đứng yên so với mặt sàn. Hãy tính tỉ số điện tích/khối lượng của quả cầu,  $q/m$ ?

Bỏ qua hiệu tượng hưởng ứng điện của quả cầu đối với mặt sàn.

viii) (2 điểm) Định luật Gauss được biểu diễn bởi hệ thức  $\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = 0$ , trong đó tích phân được tính trên một mặt kín bao quanh một thể tích  $V$  không chứa bất kì điện tích nào bên trong. Cần thay đổi biểu thức trên như thế nào đối với một người quan sát đứng trên sàn của trạm vũ trụ nếu như không có một điện tích nào ngoài điện tích  $Q$  phân bố trên chu vi của trạm?

### 4. THÍ NGHIỆM KÉO GIÃN GĂNG TAY (8 điểm)

Dụng cụ: Tối thiểu 03 đôi găng tay y tế cỡ to, loại bán trong suốt làm bằng chất liệu cao su latex; 01 cuộn băng dính trong suốt, 01 kéo, tối thiểu 04 tờ giấy vẽ đồ thị khổ A4 (hoặc lớn hơn); 03 thước kẻ, 01 thước dây dài ít nhất một mét, 01 bút viết ngòi nhỏ. Găng tay cao su có thể được cắt thành nhiều mảnh nhỏ nếu cần thiết. Mảnh găng tay có thể được gắn cố định trên bàn làm việc bởi sự trợ giúp của băng dính và thước kẻ.

Cho biết cao su latex là vật liệu có tính đàn hồi cao, do đó thể tích của nó được coi như không đổi trong quá trình bị kéo giãn cho tới trước khi bị đứt.

Trong mỗi nhiệm vụ dưới đây, hãy vẽ minh họa cho thí nghiệm của bạn và giải thích các bước làm thí nghiệm sao cho có thể thu được một kết quả chính xác nhất. Hãy trình bày dữ liệu đo đạc được dưới dạng bảng.

i) (1 điểm) Hãy xác định sức căng cực đại  $\epsilon_m$  của mảnh cao su (tức là sức căng ngay trước khi mảnh cao su bị đứt). Sức căng được tính là độ thay đổi tương đối của độ dài,  $\epsilon = (\Delta l)/l_0$ , trong đó  $l$  và  $l_0$  là độ dài của mảnh cao su lúc bị kéo giãn và lúc ban đầu (không bị kéo giãn).

ii) (7 điểm) Hãy xác định và vẽ đồ thị thể hiện mối quan hệ giữa ứng suất và sức căng của mảnh cao su. Ứng suất được tính là tỉ số giữa lực căng và tiết diện ngang. Hãy biểu diễn ứng suất  $\sigma$  bằng đơn vị tương đối, chuẩn hóa với ứng suất cực đại tại thời điểm cao su bị đứt.