



Môn: VẬT LÝ

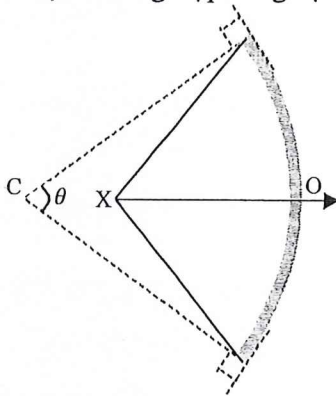
Thời gian làm bài: 180 phút (không kể thời gian giao đề)

Ngày thi thứ nhất: 25/12/2025

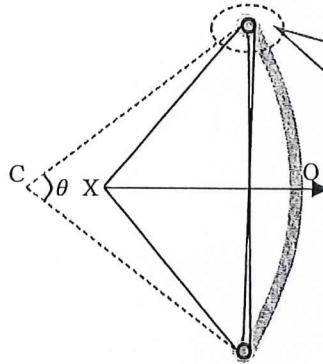
Đề thi gồm 04 trang, có 05 câu

Câu 1. (4,0 điểm) Cung truyền thống và cung gắn ròng rọc

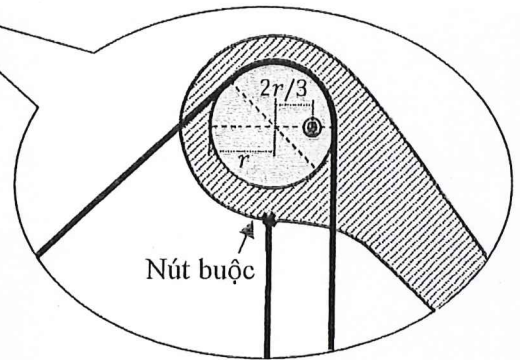
Trong môn bắn cung, khi kéo dây cung để thân cung bị uốn cong, năng lượng được tích trữ chủ yếu ở thân cung dưới dạng thế năng. Để đạt được tốc độ ban đầu của mũi tên khoảng $45 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ thì thế năng cần phải tích trữ ở thân cung khi giương cung ngắm bắn là khoảng $W_t = 50 \text{ J}$. Đối với cung truyền thống (Hình 1a), khi ngắm bắn, lực do tay tác dụng lên dây cung tại trung điểm X của nó theo phương mũi tên khá lớn nên gây mỏi và rung tay, làm giảm độ chính xác. Để khắc phục điều đó, thân cung được chế tạo với hai ròng rọc nhỏ, nhẹ ở hai đầu cung và dây cung được mắc như Hình 1b. Trong các cung có ròng rọc, lực tay kéo dây cung khi giương cung ngắm bắn có thể giảm đến 80% so với cung truyền thống mà thế năng tích trữ vẫn tương đương. Ròng rọc có thể có trục quay không lệch tâm hoặc lệch tâm. Hình 1c thể hiện trường hợp ròng rọc có trục quay lệch tâm, cách tâm một khoảng $2/3$ bán kính r của ròng rọc.



Hình 1a



Hình 1b



Hình 1c

Khi thân cung bị dây kéo căng, góc tạo bởi hai đường pháp tuyến của thân cung tại hai đầu buộc dây cung được gọi là góc biến dạng θ . Khi đó, thân cung có moment uốn $M = k_1 \theta$ với k_1 là độ cứng uốn của thân cung và không đổi đối với mỗi thân cung, θ tính theo rad. Moment uốn M cân bằng với moment lực căng dây tác dụng lên một cánh cung (nửa thân cung) đối với trung điểm O của thân cung. Thế năng tích trữ ở thân cung khi nó có góc biến dạng θ là $W_t = \frac{1}{2} k_2 \theta^2$, với $k_2 = \beta k_1$, β là hệ số.

1. Xét ba loại cung có cùng chiều dài thân cung là $L = 160 \text{ cm}$. Cung loại 1 là cung truyền thống, dây cung có chiều dài L . Cung loại 2 và cung loại 3 được chế tạo từ cùng một loại thân cung và cùng có ròng rọc, các dây cung có cùng chiều dài $3L$. Cung loại 2 sử dụng ròng rọc có trục quay không lệch tâm; cung loại 3 sử dụng ròng rọc có trục quay lệch tâm. Giả thiết rằng kích thước của các ròng rọc có thể bỏ qua so với chiều dài dây cung; hai đoạn dây bắt chéo (Hình 1b) có thể coi là thẳng đứng; dây cung nhẹ và không giãn. Khi dây cung chưa được kéo, thân cung có dạng thẳng, dây có lực căng nhỏ (coi bằng không) và không chùng.

Một người sử dụng ba loại cung trên. Ở trạng thái ngắm bắn, người bắn cung tác dụng lực $\vec{F}$ tại điểm X của dây cung, theo phương XO, dây được kéo căng sao cho $XO = 80 \text{ cm}$. Khi đó các thân cung đều có dạng một cung tròn và đều tích trữ được thế năng $W_t = 50 \text{ J}$. Biết rằng đối với cung dùng ròng rọc lệch tâm, vị trí cuối cùng của ròng rọc (lúc giương cung ngắm bắn) như Hình 1c.

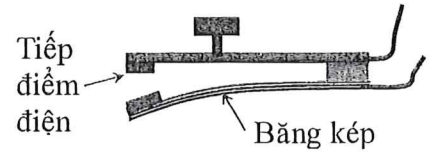
Với mỗi loại cung, tính độ lớn của lực $\vec{F}$.

Cho biết: Ở trạng thái ngắm bắn, góc biến dạng θ khi sử dụng cung loại 1 là $\theta = 2,00 \text{ rad}$, khi sử dụng cung loại 2 và loại 3 là $\theta = 1,34 \text{ rad}$; $\beta = 0,588$ đối với cả ba trường hợp ($k_2 = 0,588 k_1$).

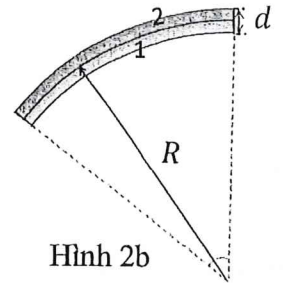
2. Tính giá trị của β khi thân cung có góc biến dạng θ nhỏ.

Câu 2. (4,0 điểm) Rơ-le nhiệt

Rơ-le nhiệt là linh kiện dùng để đóng, ngắt mạch điện, thường dùng trong một số thiết bị điện. Cấu tạo đơn giản của rơ-le nhiệt (Hình 2a) gồm băng kép và các tiếp điểm điện. Băng kép (Hình 2b) gồm hai thanh kim loại hoặc hợp kim có hệ số giãn nở nhiệt khác nhau. Thanh 1 có hệ số giãn nở nhiệt α_1 thấp, thanh 2 có hệ số giãn nở nhiệt α_2 cao hơn nhiều. Kết quả là khi nhiệt độ tăng, thanh 2 sẽ giãn nở nhiều hơn thanh 1, làm băng kép bị uốn cong về phía thanh 1 nên không tiếp xúc với tiếp điểm điện, mạch điện bị ngắt. Ngược lại, khi nhiệt độ giảm, băng kép sẽ duỗi thẳng trở lại và tiếp xúc với tiếp điểm điện, mạch điện được đóng trở lại.



Hình 2a



Hình 2b

1. Xét một băng kép được tạo thành bởi hai thanh kim loại 1 và 2 ở trên ($\alpha_2 > \alpha_1$). Khi ở nhiệt độ t_0 băng kép có dạng đoạn thẳng, dài L_0 . Hai thanh có cùng bề dày, độ cứng tương đương. Bề dày băng kép là d và coi là không đổi. Khi nhiệt độ của băng kép tăng thêm một lượng Δt , băng kép có dạng cung tròn với bán kính R (Hình 2b). Tìm bán kính R theo d , α_1 , α_2 và Δt .

Áp dụng băng kép với băng kép Invar-Cu làm rơ-le nhiệt đóng ngắt cho bàn là điện. Thanh 1 là Invar có $\alpha_1 = 1,20 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, thanh 2 là đồng có $\alpha_2 = 1,80 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$.

Khi ở nhiệt độ $t_0 = 20^\circ \text{C}$ băng kép thẳng; $L_0 = 30,0 \text{ mm}$, $d = 1,00 \text{ mm}$ và $\Delta t = 180^\circ \text{C}$. Tính R .

Cho biết: Chiều dài một thanh phụ thuộc theo nhiệt độ $L = L_0(1 + \alpha(t - t_0))$ với L_0 và L tương ứng là chiều dài thanh ở nhiệt độ t_0 và t ; α là hệ số giãn nở nhiệt của thanh.

2. Một ấm điện có công suất định mức 2000 W , sử dụng rơ-le nhiệt đóng ngắt điện để có thể giữ được nước luôn nóng. Khi nước sôi ở $t_1 = 100^\circ \text{C}$, rơ-le ngắt điện và khi nhiệt độ nước hạ xuống $t_2 = 80^\circ \text{C}$ thì rơ-le đóng điện. Quá trình này lặp đi lặp lại để giữ nước luôn nóng. Do ấm làm bằng inox dẫn nhiệt tốt nên có thể coi nhiệt độ của nước và ấm là như nhau. Ấm mất nhiệt chủ yếu do bức xạ nhiệt và truyền nhiệt ra môi trường xung quanh. Nhiệt dung của ấm và nước là $C = 6800 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$; diện tích bề mặt xung quanh của ấm là $A = 750 \text{ cm}^2$; hệ số bức xạ nhiệt của bề mặt ấm là $\varepsilon = 0,3$; hệ số truyền nhiệt của môi trường là $k = 15 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$; nhiệt độ môi trường luôn là $t_0 = 20^\circ \text{C}$.

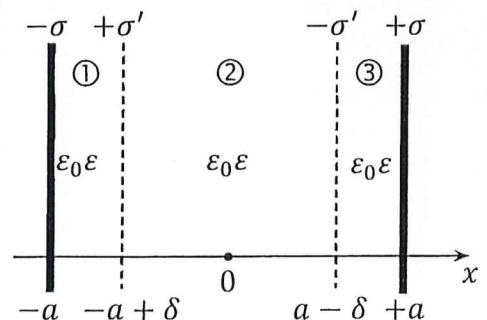
a) Tính thời gian kể từ khi rơ-le ngắt điện khi nước ở 100°C đến khi rơ-le đóng điện lại ở 80°C .

b) Tính thời gian kể từ khi rơ-le đóng điện lại ở 80°C đến khi rơ-le ngắt điện khi nước đạt 100°C .

Cho biết: Một vật có nhiệt độ tuyệt đối T , diện tích bề mặt A , nhiệt độ tuyệt đối của môi trường xung quanh vật là T_0 , hệ số bức xạ nhiệt từ bề mặt vật là ε thì công suất bức xạ nhiệt ra môi trường là $P_{bx} = \varepsilon A \sigma (T^4 - T_0^4)$ với $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$ là hằng số Stefan-Boltzmann. Nếu vật có nhiệt độ tuyệt đối ban đầu T_i và nhiệt độ vật thay đổi không nhiều thì công suất bức xạ nhiệt có thể tính gần đúng là $P_{bx} = 4\varepsilon A \sigma \bar{T}^3 (T - T_0)$ với $\bar{T} = \frac{1}{2}(T_i + T_0)$. Công suất truyền nhiệt ra môi trường là $P_{tr} = kA(T - T_0)$ với k là hệ số truyền nhiệt.

Câu 3. (4,0 điểm) Siêu tụ điện

Siêu tụ điện là tụ điện có điện dung rất lớn dùng để lưu trữ và giải phóng năng lượng điện một cách nhanh chóng. Lượng điện năng tích trữ trong siêu tụ điện lớn hơn nhiều so với tụ điện thông thường. Hình 3a biểu diễn một siêu tụ điện phẳng có hai bản đặt vuông góc với trục Ox . Hai bản đặt tại $x = -a$ và $x = +a$ và diện tích của mỗi bản là S , với $\sqrt{S} \gg a$. Khác với tụ điện thông thường, giữa hai bản của siêu tụ điện là dung dịch điện li chứa các ion.



Hình 3a

Khi đặt một hiệu điện thế một chiều U vào hai bản tụ, các ion trong dung dịch điện li di chuyển dưới tác dụng của điện trường mà không xảy ra quá trình điện phân. Các ion âm chuyển động về phía bản dương, các ion dương chuyển động về phía bản âm, chúng không đi vào bản tụ mà theo thời gian tích tụ tạo thành các lớp màng ion, sát bề mặt mỗi bản. Lớp màng ion mỏng hình thành trong dung dịch điện li cách bản một khoảng nhỏ δ , với $\delta \ll a$, có độ lớn mật độ điện mặt σ' . Độ lớn mật độ điện mặt trên mỗi bản tụ là σ (Hình 3a). Vùng ① và ③ coi như không có dung dịch điện li, là lớp cách điện có hằng số điện môi là $\varepsilon_0 \varepsilon$, trong đó ε_0 là hằng số điện, ε là hằng số điện môi tương đối. Vùng ② là vùng có dung dịch điện li và cũng có hằng số điện môi $\varepsilon_0 \varepsilon$.

1. Xác định điện trường trong các vùng ①, ② và ③ theo σ , σ' và $\epsilon_0\epsilon$.

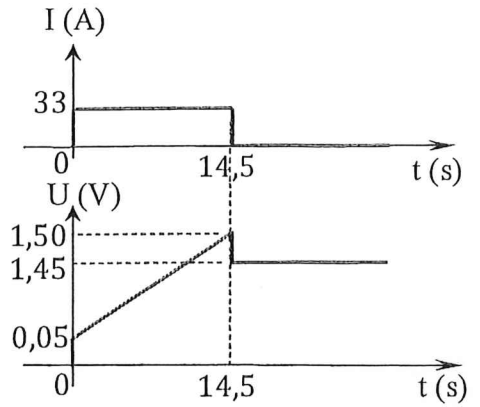
Cho biết: Điện trường gây bởi mặt phẳng rộng (coi là vô hạn) có mật độ điện mặt σ tại một điểm gần mặt phẳng trong môi trường có hằng số điện môi $\epsilon_0\epsilon$ có độ lớn là $E = \sigma/(2\epsilon_0\epsilon)$.

2. Khi siêu tụ điện ở trạng thái ổn định, các ion trong dung dịch không còn chuyển động có hướng, siêu tụ điện có điện dung là C . Xác định biểu thức của C .

3. Một cách đơn giản có thể coi siêu tụ điện giống như một tụ điện có điện dung C mắc nối tiếp với điện trở R_0 . Biết độ dẫn điện của chất điện li trong vùng ② là γ và coi là không đổi.

a) Xác định biểu thức của R_0 theo a , S và γ .

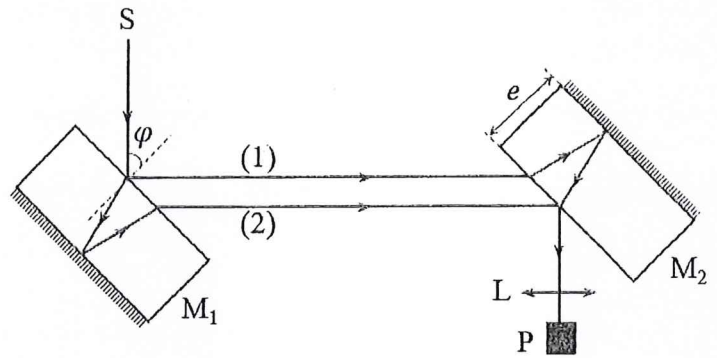
b) Để xác định giá trị C và R_0 bằng thực nghiệm, ta tiến hành nạp điện cho siêu tụ điện bởi nguồn dòng (nguồn cho phép cung cấp dòng điện với cường độ I không đổi). Đồ thị mô tả sự thay đổi của I và hiệu điện thế U giữa hai đầu siêu tụ điện theo thời gian như Hình 3b. Tính các giá trị C và R_0 .



Hình 3b

Câu 4. (4,0 điểm) Giao thoa kế

Một giao thoa kế có sơ đồ cấu tạo như Hình 4. Giao thoa kế có hai tấm thủy tinh M_1 và M_2 giống nhau. Mỗi tấm có hai mặt phẳng song song nhau, với mặt sau được tráng bạc để có thể phản xạ toàn phần ánh sáng chiếu tới. Hai tấm thủy tinh đặt song song với nhau và các mặt trước quay về phía nhau. Tia laser có bước sóng λ từ nguồn S chiếu tới mặt trước của tấm thứ nhất M_1 với góc tới $\varphi = 45^\circ$. Tia sáng bị phản xạ và khúc xạ tạo thành hai tia song song, tia (1) và tia (2) do phản xạ tại bề mặt trên và bề mặt dưới của M_1 . Hai tia này lại phản xạ tại hai bề mặt của M_2 . Thấu kính hội tụ L có tiêu cự f được đặt như hình vẽ, trục chính của nó song song với tia tới tấm M_1 (tia tới giao thoa kế). Máy thu kết nối máy tính P được đặt tại tiêu diện ảnh của L .



Hình 4

1. Để đo chiết suất của một khí ở nhiệt độ và áp suất xác định, hai ống giống nhau, ban đầu được hút chân không, có cùng chiều dài l được đặt trên đường truyền của các tia (1) và (2). Khí cần đo chiết suất được cho từ từ vào một trong hai ống. Từ khi bắt đầu nạp khí vào ống tới khi ống đạt được áp suất và nhiệt độ đã định, máy thu cho thấy cường độ sáng tại một điểm xác định trên máy thu đạt giá trị cực đại 40 lần. Biết $l = 8$ cm, bước sóng laser dùng trong thí nghiệm là $\lambda = 551$ nm. Tính chiết suất của khí tại áp suất và nhiệt độ đã định (lấy kết quả tới bốn chữ số sau dấu phẩy).

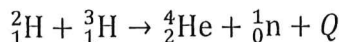
2. Để đo độ dày d của một màng mỏng trong suốt trên đế trong suốt, tấm M_2 được điều chỉnh nghiêng so với M_1 một góc rất nhỏ (trong mặt phẳng hình vẽ), hai phép đo được thực hiện. Trong phép đo thứ nhất, để có màng được đặt vuông góc trên đường truyền của cả hai tia (1) và (2). Trong phép đo thứ hai, để có màng được đặt vuông góc trên đường truyền của một tia, để không có màng được đặt vuông góc trên đường truyền của tia còn lại. Tất cả các đế đều giống nhau. Kết quả thu được hình ảnh giao thoa của hai phép đo có hình dạng giống nhau, có cùng khoảng vân i , nhưng các vân giao thoa bị dịch lệch nhau một khoảng s . Bước sóng laser dùng trong thí nghiệm là $\lambda = 632,8$ nm, chiết suất của màng mỏng là $n = 1,526$, chiết suất của không khí coi như bằng 1, tỉ số $s/i = 0,351$. Coi đế và màng đều có các độ dày đồng đều. Biết $d < \lambda$. Tính bề dày d của màng mỏng.

3. Xét trường hợp tấm M_2 không hoàn toàn song song với M_1 mà bị nghiêng góc rất nhỏ α (trong mặt phẳng hình vẽ) so với M_1 . Gọi n_t là chiết suất của tấm thủy tinh, e là bề dày tấm thủy tinh. Chứng minh rằng hiệu quang trình của hai tia sáng khi tới vùng giao thoa là:

$$\Delta = \frac{\sin 2\varphi}{\sqrt{n_t^2 - \sin^2 \varphi}} \alpha e.$$

Câu 5. (4,0 điểm) Phản ứng nhiệt hạch điều khiển được

Phản ứng nhiệt hạch (phản ứng tổng hợp hạt nhân) là quá trình hai hạt nhân nhẹ kết hợp với nhau tạo thành hạt nhân nặng hơn và giải phóng năng lượng. Phản ứng nhiệt hạch điều khiển được hứa hẹn cung cấp nguồn năng lượng dồi dào hơn hầu hết các nguồn năng lượng hiện nay. Trong số các phản ứng nhiệt hạch có thể khai thác, phản ứng nhiệt hạch D-T đang được sử dụng trong hầu hết các chương trình nghiên cứu về phản ứng nhiệt hạch điều khiển được. Hạt nhân của các nguyên tử deuterium (D) và tritium (T) lần lượt là ${}^2_1\text{H}$ và ${}^3_1\text{H}$. Phản ứng nhiệt hạch D-T được biểu diễn như sau:



trong đó $Q = 17,59 \text{ MeV}$ là năng lượng tỏa ra của phản ứng. Động năng ban đầu của các hạt trong phản ứng có thể bỏ qua.

Để phản ứng nhiệt hạch xảy ra, các hạt nhân cần có động năng đủ lớn để thắng được thế năng Coulomb và tiến lại gần nhau tới phạm vi tác dụng của lực hạt nhân. Để tạo ra động năng đủ lớn cho các hạt nhân, nhiệt độ môi trường cần phải đủ lớn. Do đó, phản ứng nhiệt hạch xảy ra ở môi trường plasma có nhiệt độ rất cao.

Để duy trì phản ứng nhiệt hạch, các mất mát năng lượng của plasma cần phải được cân bằng. Mật độ công suất mất năng lượng P_l (công suất mất năng lượng trong một đơn vị thể tích) được mô tả qua thời gian giam giữ năng lượng τ_E :

$$P_l = \frac{U}{\tau_E}$$

với U là mật độ năng lượng nhiệt bên trong plasma (tổng động năng trung bình của các hạt trong một đơn vị thể tích). Mật độ công suất P_α tạo bởi hạt α (${}^4_2\text{He}$) sinh ra được cho bởi công thức:

$$P_\alpha = n_1 n_2 \langle \sigma v \rangle K_\alpha$$

với n_1, n_2 là các mật độ hạt nhân của các chất phản ứng ${}^2_1\text{H}$ và ${}^3_1\text{H}$; $\langle \sigma v \rangle$ là hệ số phản ứng, đặc trưng cho khả năng xảy ra phản ứng tổng hợp hạt nhân giữa hai hạt nhân trong môi trường plasma ở một nhiệt độ nhất định; K_α là động năng của hạt α . Khi lò phản ứng nhiệt hạch hoạt động ổn định thì $P_\alpha = P_l$.

Xét plasma được tạo thành từ các nguyên tử deuterium (D) và tritium (T) với các mật độ nguyên tử xấp xỉ như nhau $n_D \approx n_T \approx n/2$, trong đó n là mật độ nguyên tử tổng cộng. Biết plasma trung hòa về điện và coi plasma như khí lí tưởng.

Cho biết: hằng số điện $\epsilon_0 = 8,854 \times 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$; điện tích nguyên tố $e = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$; hằng số Boltzmann $k_B = 1,381 \times 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$.

1. Tính động năng K_α của hạt α sinh ra trong mỗi phản ứng D-T. Lấy tỉ số khối lượng các hạt bằng tỉ số số khối của chúng.

2. Cho rằng để các hạt nhân tiến tới phạm vi tác dụng của lực hạt nhân, động năng chuyển động nhiệt trung bình của mỗi hạt cần lớn hơn hoặc bằng thế năng Coulomb giữa hai hạt tại khoảng cách $2,0 \times 10^{-15} \text{ m}$. Tính nhiệt độ tối thiểu T_m của plasma để phản ứng nhiệt hạch có thể xảy ra. Trong thực tế, nhiệt độ T của lò phản ứng D-T có giá trị nhỏ hơn giá trị vừa tìm được. Hãy nêu ít nhất một nguyên nhân giải thích tại sao $T < T_m$.

3. Để giữ plasma ở nhiệt độ rất cao, kỹ thuật được dùng phổ biến hiện nay là sử dụng từ trường. Bao quanh plasma là lớp vỏ làm bằng vật liệu đặc biệt. Giải thích tại sao vật liệu đặc biệt đó cần phải chịu được bức xạ neutron năng lượng cao.

4. Lò phản ứng có $n = 2,0 \times 10^{20} \text{ m}^{-3}$, đang hoạt động ổn định ở nhiệt độ T , với $k_B T = 15 \text{ keV}$ và giá trị của hệ số phản ứng là $\langle \sigma v \rangle = 1,1 \times 10^{-22} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Tính thời gian giam giữ năng lượng τ_E .

----- HẾT -----

* Thí sinh KHÔNG được sử dụng tài liệu;

* Giám thị KHÔNG giải thích gì thêm.