

ĐỀ THI KẾT THÚC HỌC PHẦN NĂM HỌC 2012 - 2013

Môn: Vật lý thống kê.

Thời gian: 120 phút.

(Đề thi gồm 02 trang)

Câu 1 (3 điểm) Khí van der Waals

Một khối khí thực đơn nguyên tử tuân theo phương trình van der Waals:

$$P = \frac{NkT}{V - bN} - \frac{aN^2}{V^2}$$

Trong đó a và b là các hằng số.

- (a) Hãy tìm biểu thức của các giá trị tới hạn T_c , V_c và p_c theo các hằng số a , b , k và số hạt N .
- (b) Khối khí trên thực hiện quá trình biến đổi đoạn nhiệt từ trạng thái có nhiệt độ T_1 và thể tích V_1 đến trạng thái có thể tích V_2 . Hãy xác định biểu thức nhiệt độ T_2 ở cuối quá trình biến đổi trên.
- (c) Hãy xác định công mà khối khí thực hiện trong quá trình trên.

Câu 2 (2 điểm) Hệ khí Fermi lý tưởng siêu tương đối tính

Cho biết năng lượng của một hạt tương đối tính có khối lượng tĩnh m_0 và xung lượng \vec{p} được tính theo công thức: $\varepsilon = \sqrt{p^2 c^2 + m_0^2 c^4}$.

Xét một hệ khí Fermi lý tưởng gồm N hạt chuyển động siêu tương đối tính (vận tốc hạt là rất lớn: $|\vec{p}| \gg m_0 c$ trong vùng không gian có thể tích V). Hãy tính mức năng lượng Fermi ε_F của hệ khí này.

Câu 3 (5 điểm) Nhiệt động lực học lỗ đen

Theo lý thuyết của Bekenstein và Hawking, entropy của một lỗ đen tỉ lệ với diện tích mặt ngoài A của lỗ đen theo công thức:

$$S = \frac{kc^3}{4G\hbar} A.$$

Xét mô hình một lỗ đen là một khối cầu có bán kính R và khối lượng M .

- (a) Sử dụng cơ học cổ điển, hãy tìm công thức tính vận tốc thoát tại bán kính R của một vật có khối lượng M . Từ đó, bằng cách cho giá trị này của vận tốc bằng với vận tốc ánh sáng c , hãy chứng tỏ rằng bán kính của lỗ đen tỉ lệ với khối lượng của lỗ đen theo công thức:

$$R = \frac{2G}{c^2} M.$$

- (b) Entropy sẽ thay đổi như thế nào nếu hai lỗ đen cùng khối lượng va chạm với nhau và nhập lại thành một lỗ đen mới? Bỏ qua sự mất năng lượng do bức xạ trong quá trình va chạm. Tính bằng số độ thay đổi này trong trường hợp mỗi lỗ đen ban đầu có khối lượng bằng với khối lượng mặt trời ($M_{\odot} \approx 2 \times 10^{30} \text{ kg}$).

- (c) Năng lượng của lỗ đen được tính theo công thức Einstein $E = Mc^2$. Hãy viết biểu thức của entropy phụ thuộc vào năng lượng, từ đó tìm nhiệt độ của lỗ đen có khối lượng bằng với khối lượng của mặt trời.

- (d) Thực tế, lỗ đen bị mất năng lượng do bức xạ trong quá trình sinh cặp hạt cơ bản. Biết công suất bức xạ trên một đơn vị diện tích của lỗ đen tuân theo định luật Stefan-Boltzmann.

$$P = \sigma T^4 \text{ với } \sigma = \frac{\pi^2 k^4}{60 h^3 c^2}$$

Tìm thời gian để một lỗ đen cô lập có khối lượng bằng khối lượng mặt trời bị “bốc hơi” hoàn toàn.

- (e) Tìm khối lượng và bán kính của một lỗ đen đang ở trạng thái cân bằng nhiệt với bức xạ nền vũ trụ.

HẾT