

I. Hướng dẫn chung

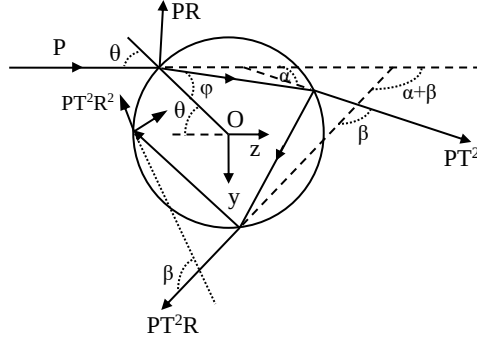
1. Cán bộ chấm thi chấm đúng như đáp án - thang điểm của Bộ Giáo dục và Đào tạo.
2. Nếu có câu nào, ý nào mà thí sinh có cách trả lời khác so với đáp án nhưng vẫn đúng thì vẫn cho điểm tối đa của câu, ý đó theo thang điểm.
3. Cán bộ chấm thi không quy tròn điểm bài thi.

II. Đáp án - thang điểm

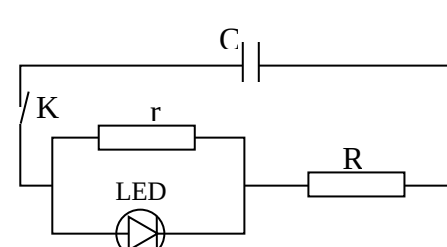
Câu	Nội dung	Điểm
	Câu 1 (4,0 điểm)	
1. 1,5 đ	Vào thời điểm t bất kì khối lượng M của giọt mưa và bán kính r của nó có liên hệ: $M = \rho \frac{4}{3} \pi r^3 \Rightarrow \frac{dM}{dt} = 4\pi r^2 \frac{dr}{dt} = 3M \frac{1}{r} \frac{dr}{dt}. \quad (1)$ Mặt khác sự tăng khối lượng M là do quét qua đám mây hơi nước và hấp thụ các hạt hơi nhỏ li ti nên: $\frac{dM}{dt} = \rho_0 \pi r^2 v. \quad (2)$ Từ (1) và (2) thu được: $v = 4 \frac{\rho}{\rho_0} \frac{dr}{dt} \Rightarrow \frac{dv}{dt} = \frac{4\rho}{\rho_0} \frac{d^2r}{dt^2}.$ (3)	0,50
	Áp dụng định luật II Newton ta có: $F = \frac{dp}{dt} = M \frac{dv}{dt} + v \frac{dM}{dt}. \text{ Hay: } Mg = M \frac{dv}{dt} + v \frac{dM}{dt}. \quad (4)$ Thay (1), (2), (3) vào (4): $Mg = M \left(\frac{4\rho}{\rho_0} \frac{d^2r}{dt^2} \right) + \left(\frac{4\rho}{\rho_0} \frac{dr}{dt} \right) \left(3M \frac{1}{r} \frac{dr}{dt} \right).$	
	Biến đổi thu được: $4rr'' + 12(r')^2 = \frac{\rho_0 g}{\rho} r$ (5) (5) là phương trình vi phân cần tìm.	
2. 1,5 đ	Hàm $r(t)$ có dạng: $r(t) = A \left(\frac{\rho_0}{\rho} \right)^\alpha g^\beta t^\gamma.$ (6)	0,50
	Dùng phép phân tích thứ nguyên ta thấy: Do A và tỉ số $\left(\frac{\rho_0}{\rho} \right)$ là các đại lượng không thứ nguyên nên từ (6) ta có: $L = (L.T^{-2})^\beta T^\gamma \Rightarrow \gamma = 2\beta = 2.$	
	Vậy biểu thức của r có dạng: $r(t) = A \left(\frac{\rho_0}{\rho} \right)^\alpha g t^2.$ (7) Từ (7) ta có: $r' = 2A \left(\frac{\rho_0}{\rho} \right)^\alpha g t; r'' = 2A \left(\frac{\rho_0}{\rho} \right)^\alpha g$ (8) Thay (7), (8) vào (5) rồi rút gọn thu được $A = \frac{1}{56} \left(\frac{\rho_0}{\rho} \right)^{1-\alpha}.$	0,75

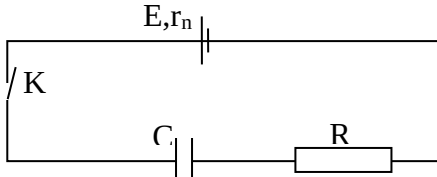
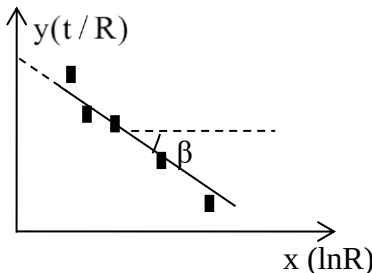
Câu	Nội dung	Điểm
	Do A không chứa $\frac{\rho_0}{\rho}$ nên từ đó có $\alpha=1$ và $A = 1/56$.	
	Vậy phương trình của $r(t)$ cần tìm là: $r(t) = \frac{1}{56} \left(\frac{\rho_0}{\rho} \right) g t^2$. (9)	0,25
3. 0,5 đ	Từ biểu thức (3) suy ra vận tốc rơi của giọt nước mưa: $v = 4 \frac{\rho}{\rho_0} \frac{dr}{dt} = \frac{1}{7} g t \Rightarrow a = \frac{dv}{dt} = \frac{1}{7} g = \text{const.}$ Vậy giọt mưa rơi nhanh dần đều.	0,50
4. 0,5 đ	Độ cao h mà giọt mưa đi được: $h = \frac{1}{2} a t^2 = \frac{1}{14} g t^2$. (10) Từ (10) và (9) ta thấy h tỉ lệ thuận với bán kính r của giọt mưa. Vậy giọt mưa sẽ vẽ trong không trung một hình nón đứng (đáy nằm ngang). Khối lượng của giọt nước chính bằng tổng khối lượng hơi nước trong hình nón này với trọng tâm của khối nón nằm tại điểm cách đáy một đoạn bằng h/4 (Khối tâm của hình nón đặc). Vậy trong chuyển động của giọt nước khi đi được đoạn có độ cao h thì thế năng của giọt nước giảm một lượng: $\Delta W_t = Mg \frac{h}{4}$ Độ biến thiên cơ năng của giọt mưa: $Q = \frac{1}{2} M v^2 - \frac{Mgh}{4} = \frac{1}{2} M 2ah - \frac{Mgh}{4} = -\frac{3Mgh}{28}.$	0,50
Câu 2 (3,0 điểm)		
1. 0,5 đ	Áp suất trên mặt nước trong bình là $p_{bh} + p_{kk} > p_{bh}$ (với p_{bh}, p_{kk} lần lượt là áp suất riêng phần của hơi nước bão hòa và áp suất riêng phần của không khí ở vùng không gian phía dưới nắp đáy bán cầu). Áp suất này luôn lớn hơn áp suất của hơi nước bão hòa dù ở bất kì nhiệt độ nào, vì thế không thể đun sôi nước trong bình.	0,50
2. 1,0 đ	Xét một chu trình Carnot bao gồm hai quá trình chuyển pha ở nhiệt độ T và T + dT, và hai quá trình đoạn nhiệt. Quá trình chuyển pha lỏng-hơi với dp và dT rất nhỏ, có thể coi giản đồ (p-V) của chu trình này gần như một hình chữ nhật. Hiệu suất chu trình là: $\eta = \frac{dT}{T} = \frac{\delta A}{\delta Q}; \delta A = dp \cdot (V_h - V_\ell); \delta Q = L$ $\frac{dT}{T} = \frac{dp \cdot (V_h - V_\ell)}{L} \Rightarrow \frac{1}{T} \frac{dT}{dp} = \frac{V_h - V_\ell}{L} \approx \frac{V_h}{L}.$	1,00
3. 1,5 đ	Theo giả thiết: $\frac{1}{T} \frac{dT}{dp} = \frac{V_h}{L} = \frac{RT}{\mu L p} \Leftrightarrow \frac{dT}{T^2} = \frac{R}{\mu L} \frac{dp}{p} \Rightarrow \int_{T_0}^T \frac{dT}{T^2} = \int_{p_0}^p \frac{R}{\mu L} \frac{dp}{p}$ a. Từ đó ta có: $p = p_0 e^{\frac{\mu L}{R} \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T} \right)}$ (1) Từ đó ta có áp suất của hơi nước bão hòa ở nhiệt độ T_1: $p_1 = p_0 e^{\frac{\mu L}{R} \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_1} \right)} = 6,94 \cdot 10^4 \text{ Pa.}$ (2) Áp suất riêng phần của không khí bên trong nắp bán cầu là $p_{kk} = p_0 - p_1 = 3,06 \cdot 10^4 \text{ Pa.}$ Vì thế áp suất trong lòng chất lỏng khi nắp bán cầu được là mát $p = p'_{kk} + p_{hn} = \frac{T_0}{T_1} p_{kk} + p_0 = 1,31 \cdot 10^5 \text{ Pa.}$ (3)	1,00

Câu	Nội dung	Điểm
	Kết hợp (1) và (3) ta có nhiệt độ sôi của nước trong bình được xác định bằng hệ thức $T = \frac{T_0}{1 - \frac{RT_0}{\mu L} \ln \frac{p}{p_0}} = 381K.$ Do đó nước trong bình sẽ sôi ở $T = 381 K$ hay $t = 108^\circ C$.	
	b. Khối lượng khí đập lên một đơn vị diện tích trong một đơn vị thời gian $m = \pi r^2 \frac{N}{N_A} \mu = pr^2 \sqrt{\frac{\pi \mu}{2RT}}. \quad (4)$ Do đó khối lượng hơi nước cực đại thoát ra khỏi chất lỏng trong một đơn vị thời gian (m_1) và khối lượng hơi nước đi từ hơi trong bán cầu về chất lỏng (m_2) lần lượt là: $m_1 = pr^2 \sqrt{\frac{\pi \mu}{2RT}} \approx 3,92kg/s.$ $m_2 = p_0 r^2 \sqrt{\frac{\pi \mu}{2RT_0}} \approx 3,02kg/s.$ Từ đó để duy trì trạng thái sôi liên tục trong một đơn vị thời gian, ta cần làm cho nước tổng cộng quay lại bình (m_1) tăng nhiệt độ từ T_0 lên T, chuyển hóa một khối lượng m_1 nước thành hơi và chỉ nhận được một lượng năng lượng $m_2 L$ do hơi nước ngưng tụ trên bề mặt chất lỏng tạo ra do đó nhiệt lượng cực đại cấp cho bình là: $Q_{\max} = (m_1 - m_2)L + m_1 c(T - T_0) \approx 2,16MJ/s = 2,16MW.$	0,50
Câu 3 (3,0 điểm)		
1. 1,0 đ	Xét phần ống dây tại vị trí z có độ dày dz, cường độ dòng điện là $dI = \frac{NI.dz}{L}$ $dB_z = \frac{\mu_0 INdz}{4\pi L} \cdot \frac{2\pi a}{r^2} \sin \beta$ Trong đó: $r = \frac{a}{\sin \beta}$; $z = \frac{a}{\tan \beta} \Rightarrow dz = -\frac{a.d\beta}{\sin^2 \beta}$ Suy ra: $dB_z = -\frac{\mu_0 IN}{2L} \sin \beta.d\beta \Rightarrow B_z = \frac{\mu_0 NI}{2L} (\cos \beta_1 + \cos \beta_2).$	1,00
2. 1,5 đ	Do các đường sức từ vuông góc với mặt phẳng Oxy và ban đầu vectơ vận tốc cũng nằm trong mặt phẳng này, nên hạt luôn chuyển động trong mặt phẳng Oxy. Xét tại một thời điểm bất kỳ, gọi v_r là vận tốc hướng tâm, khi đó mômen lực Lorentz là $M = qv_r B(r).r$ Định lý biến thiên mô men động lượng cho: $dL = M.dt = qrB(r)v_r dt = -qrB(r)dr = -\frac{q}{2\pi} B(r)dS = \frac{q}{2\pi} d\Phi(r),$ trong đó: $\Phi(r)$ là tổng từ thông gửi qua mặt tròn trong mặt phẳng Oxy có tâm tại O, bán kính r; $d\Phi$ là từ thông gửi qua vành khuyên nằm trong mặt phẳng Oxy có tâm tại O, bán kính r đến $r + dr$. $\Rightarrow \Delta L = L(r) - L(\infty) = \frac{q}{2\pi} (\Phi(r) - \Phi(\infty))$ Áp dụng: $L(\infty) = 0; \Phi(\infty) \approx 0 \Rightarrow L(r) = \frac{q}{2\pi} \Phi(r)$	1,00

Câu	Nội dung	Điểm
	Trong trường hợp tới hạn, vận tốc của hạt tiếp tuyến với mặt ống dây. Khi đó: $L(a) = \frac{q}{2\pi} \Phi(a)$ trong đó momen động lượng tại mặt ống solenoid là: $L(a) = mva., \Phi(a) = B(a)S = \frac{\mu_0 NI}{\sqrt{L^2 + 4a^2}} \pi a^2.$ Do đó: $v_{\min} = \frac{\mu_0 NIa}{\sqrt{L^2 + 4a^2}} \frac{q}{2m}.$	0,50
	Câu 4 (4,5 điểm)	
1. 2,0 đ	Khi ánh sáng gặp mặt phân cách, một phần phản xạ, một phần truyền qua, công suất tán xạ sau các lần liên tiếp nhau là: $PR, PT^2, PT^2R, \dots, PT^{2n}R^n, \dots$ Các góc tán xạ so với phương ban đầu là: $\pi + 2\theta, \alpha, \alpha + \beta, \dots, \alpha + n\beta, \dots$ Sử dụng liên hệ hình học và định luật khúc xạ ta có liên hệ: $\alpha = 2\theta - 2\varphi, \beta = \pi - 2\varphi, \sin \theta = n \sin \varphi.$  Tổng lực tác dụng lên quả cầu theo trục z: $F_z = \frac{P}{c} - \left[\frac{PR}{c} \cos(\pi + 2\theta) + \sum_{n=0}^{\infty} \frac{P}{c} T^2 R^n \cos(\alpha + n\beta) \right],$ trong đó $\frac{P}{c}$ là động lượng của chùm photon đến quả cầu trong một đơn vị thời gian theo hướng z. Tương tự, động lượng của chùm photon đến quả cầu trong một đơn vị thời gian theo hướng y là bằng 0 nên ta có: $F_y = 0 - \left[\frac{PR}{c} \sin(\pi + 2\theta) + \sum_{n=0}^{\infty} \frac{P}{c} T^2 R^n \sin(\alpha + n\beta) \right] \quad (1)$ Ta có thể viết hai lực này như là hai thành phần của một lực phức $F = F_z + iF_y$ Khi đó: $F = \frac{P}{c} [1 + R \cos 2\theta] + i \frac{P}{c} R \sin 2\theta - \frac{P}{c} T^2 e^{i\alpha} \frac{1}{1 - Re^{i\beta}}$ Tách các phần thực và ảo của lực phức trên ta được . $F = \frac{P}{c} \left[1 + R \cos 2\theta - T^2 \frac{\cos(2\theta - 2\varphi) + R \cos(2\theta)}{1 + R^2 + 2R \cos 2\varphi} \right] + i \frac{P}{c} \left[R \sin 2\theta - T^2 \frac{\sin(2\theta - 2\varphi) + R \sin(2\theta)}{1 + R^2 + 2R \cos 2\varphi} \right]$ Từ đó suy ra điều phải chứng minh.	2,00

Câu	Nội dung	Điểm
2. 1,5 đ	a) Xét một vành khuyên bán kính $r \rightarrow r + dr$ tại mặt phẳng $z = \text{const}$. Công suất của chùm sáng truyền qua vành này là $I(r, z) \cdot 2\pi r \cdot dr$. Mặt khác, số photon tỷ lệ với công suất nên $\frac{I(r, z) \cdot 2\pi r \cdot dr}{P}$ có ý nghĩa là xác suất để hạt photon đập vào điểm có tọa độ r. Vậy: $\langle r^2 \rangle = \int_0^\infty r^2 \frac{I(r, z) \cdot 2\pi r}{P} dr = \frac{1}{w^2(z)} \int_0^\infty 2r^3 \exp\left(-\frac{2r^2}{w^2(z)}\right) dr$ Đổi biến $u = \frac{2r^2}{w^2(z)}$, ta đưa về tích phân: $\langle r^2 \rangle = \frac{w^2(z)}{4} \int_0^\infty u e^{-u} du = \frac{w^2(z)}{4}$.	1,00
	b) Khi đi qua lỗ tròn có kích thước w_0, độ bất định về r vào cỡ đường kính $\Delta r \sim w_0$. Do đó độ bất định của động lượng theo phương này là $\Delta p_r \sim \frac{h}{w_0}$. Mặt khác, ta có: $\Delta p_r = p \sin \theta_0 \approx \frac{h}{\lambda} \theta_0$. Từ đây $\theta_0 \sim \frac{\lambda}{w_0}$. Phép tính chính xác cho $\theta_0 = \frac{\lambda}{\pi w_0}$.	0,50
3. 1,0 đ	Vì $a \ll w_0$ nên ta có thể coi chùm sáng chiếu đến quả cầu là song song. Xét các photon đập vào mặt cầu dưới góc θ. Tọa độ của điểm đập vào $r = a \sin \theta, z = a \cos \theta$. Tất cả các photon đến quả cầu với góc tới $\theta \rightarrow \theta + d\theta$ sẽ đi qua vành khuyên bán kính $r \rightarrow r + dr$. Công suất của chùm này là: $dP = I(r, z) 2\pi r \cdot dr \approx \frac{P}{\pi w_0^2} \exp\left(-\frac{2r^2}{w_0^2}\right) 2\pi r \cdot dr = \frac{2Pa^2}{w_0^2} \exp\left(-\frac{2a^2 \sin^2 \theta}{w_0^2}\right) \sin \theta \cos \theta d\theta$ Lực tác dụng lên phương y bằng 0, còn theo phương z, theo kết quả từ ý 1, là: $F_z = \frac{2Pa^2}{cw_0^2} \int_0^{\pi/2} (1 + \cos 2\theta) \exp\left(-\frac{2a^2 \sin^2 \theta}{w_0^2}\right) \sin \theta \cos \theta d\theta$ Đặt $u = \sin^2 \theta$, dễ dàng đưa tích phân về dạng: $F_z = \frac{2Pa^2}{cw_0^2} \int_0^1 (1+u) \exp\left(-\frac{2a^2 u}{w_0^2}\right) du$ Tích phân từng phần cho: $F_z = \frac{P}{c} \left\{ 1 - \frac{w_0^2}{2a^2} \left[1 - \exp\left(-\frac{2a^2}{w_0^2}\right) \right] \right\}$.	1,00
Câu 5 (3,5 điểm)		
1. 1,5 đ	a) Xét các photon bay tới thành bình dưới góc tới θ. Số photon va vào một đơn vị diện tích trong một đơn vị thời gian chính bằng số photon nằm trong hình trụ có diện tích đáy bằng một đơn vị, chiều cao $c \cdot \cos \theta$, tức là: $dN(\theta) = dn(\theta) \cdot V = dn(\theta) c \cdot \cos \theta \quad (1)$ Trong đó $dn(\theta)$ là mật độ photon có hướng bay dưới góc tới θ. Do tính chất bình đẳng của mọi hướng bay, mật độ này tỉ lệ thuận với góc khối tạo bởi hai mặt nón có góc ở đỉnh là θ và $\theta + d\theta$, tức là: $\frac{dn(\theta)}{n} = \frac{2\pi \sin \theta d\theta}{4\pi} \quad (2)$ Mỗi photon khi va chạm sẽ truyền cho thành bình một động lượng: $\Delta p = 2p \cos \theta \quad (3)$ Tổng động lượng do các photon mà ta xét truyền cho một đơn vị diện tích thành bình trong một đơn vị thời gian là: $dp = dN(\theta) \Delta p = n p c \cos^2 \theta \sin \theta d\theta$	1,00

Câu	Nội dung	Điểm	
	Do đó lực do khí photon tác dụng vào một đơn vị diện tích bình tức áp suất là $p = \int_0^{\pi/2} npc \cos^2 \theta \sin \theta d\theta = \frac{npc}{3}, \text{ tức là: } P = \frac{npc}{3} = \frac{u}{3}.$		
	b) Từ (1) và (2) tính được số photon bay ra khỏi một đơn vị diện tích trong một đơn vị thời gian là: $N = \frac{1}{2} \int_0^{\pi/2} nc \cdot \cos \theta \sin \theta d\theta = \frac{nc}{4}$ Mỗi photon mang đi năng lượng là pc. Vậy năng suất bức xạ: $R = \frac{npc^2}{4} = \frac{cu}{4}.$	0,50	
2. 2,0 đ	a) Chia các bức xạ thành các nhóm có tần số từ f đến $f + df$. Gọi $du(f)$ là mật độ năng lượng của các photon đó. Tương tự như trên: $P = \frac{1}{3} \int du(f) = \frac{u}{3} \quad \text{và} \quad R = \frac{c}{4} \int du(f) = \frac{cu}{4}$	0,50	
	b) Mật độ năng lượng tổng cộng: $u = \int_0^{\infty} du(f) = \int_0^{\infty} \frac{8\pi hf^3}{c^3 (e^{hf/kT} - 1)} df$ Đổi biến $x = hf/kT$ ta đưa tích phân trên về dạng: $u = \int_0^{\infty} du(f) = \frac{8\pi (kT)^4}{h^3 c^3} \int_0^{\infty} \frac{x^3 dx}{e^x - 1} = \frac{8\pi (kT)^4}{h^3 c^3} \frac{\pi^4}{15} \equiv AT^4$	0,50	
	c) Nội năng của khối khí $U = u(T)V = AT^4V$ và áp suất $P = \frac{AT^4}{3}$ Áp dụng nguyên lý I cho khối khí: $\delta Q = dU + PdV = AT^4dV + 4AT^3VdT + \frac{AT^4}{3}dV$ $dS = \frac{\delta Q}{T} = \frac{4}{3}AT^3dV + 4AT^2VdT = d\left(\frac{4}{3}AT^3V\right)$ $\Rightarrow S = \frac{4}{3}AT^3V + S_0 \Rightarrow f(V, T) = \frac{3}{4}AT^3V.$ * Phương trình đoạn nhiệt của khí photon: $\delta Q = dU + PdV = 0 \Leftrightarrow AT^4dV + 4AT^3VdT + \frac{AT^4}{3}dV = 0 \Rightarrow VT^3 = \text{const.}$	1,00	
Câu 6 (2,0 điểm)			
1. 2,0 đ	Bố trí mạch như hình vẽ, ta có phương trình: $U_C = U_0 - CR \frac{dU_C}{dt}$ $\Rightarrow U_C = U_0 + (U_{\max} - U_0)e^{-\frac{t}{RC}}$ Đèn LED tắt khi: $U_C = \frac{R+r}{r}U_0$ $\Rightarrow e^{-\frac{t}{RC}} = \frac{(U_{\max} - U_0)}{U_0} \frac{r}{R}$	 Hình 1	1,00

Câu	Nội dung	Điểm																														
	$\Rightarrow \frac{t}{RC} = \ln\left(\frac{U_{\max} - U_0}{U_0}\right) + \ln\left(\frac{r}{R}\right) \Rightarrow \frac{t}{R} = C \ln\left(\frac{U_{\max} - U_0}{U_0}\right) + C \ln \frac{r}{R}$																															
	2. Thực hiện các bước như sau: (1) Nối tụ vào nguồn để nạp điện cho tụ như Hình 2 (mắc qua điện trở phù hợp để tránh hỏng tụ). Đợi vài phút để tụ tích đến hiệu điện thế cực đại $U_{\max}$. (2) Bỏ trí mạch như hình 1. (3) Đóng khóa K cho tụ phóng điện qua mạch. Đo thời gian t kể từ khi cho tụ phóng điện đến khi đèn LED tắt. (4) Thay đổi giá trị của R, lặp lại phép đo t. (5) Ghi số liệu vào bảng và vẽ đồ thị. <table><tr><th>Lần đo</th><th>R</th><th>t</th><th>lnR</th><th>t/R</th></tr><tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> (6) Xác định C theo độ nghiêng của đồ thị, $\tan \beta = C$.  Hình 2 	Lần đo	R	t	lnR	t/R	1					2					3					4					5					1,00
Lần đo	R	t	lnR	t/R																												
1																																
2																																
3																																
4																																
5																																

HẾT