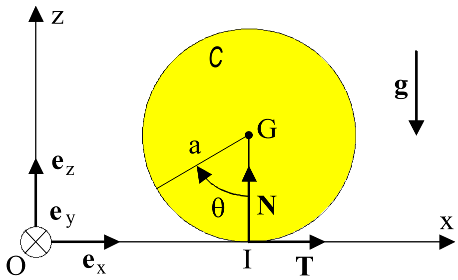
ICNA - SESSION 2004
ÉPREUVE COMMUNE DE PHYSIQUE
ÉNONCÉ

Questions liées.

[1,2,3,4,5,6] [7,8,9,10,11,12,13] [14,15,16,17,18,19,20] [21,22,23,24,25,26,27] [28,29,30,31,32,33] [34,35,36,37,38,39,40]

1. Un cylindre $\mathcal{C}$ homogène, de centre de masse G, de rayon a et de masse m, roule sans glisser sur le plan horizontal xOy d'un repère $\mathcal{R}$ (Oxyz). Le vecteur rotation instantané $\boldsymbol{\omega}(\mathcal{C}/\mathcal{R}) = \omega\mathbf{e}_y$ porté par son axe de révolution est constamment dirigé suivant l'axe Oy. On désigne respectivement par $\mathbf{T} = T\mathbf{e}_x$ et $\mathbf{N} = N\mathbf{e}_z$ les composantes tangentielle et normale de la réaction du plan xOy sur le cylindre.



La rotation de $\mathcal{C}$ est repérée par l'angle θ défini sur la figure ci-contre. On désigne par x_G l'abscisse du centre de masse G du cylindre et par $J = \frac{1}{2}ma^2$ le moment d'inertie du cylindre par rapport à l'axe Gy.

A l'instant t = 0, où l'axe du cylindre passe dans le plan yOz, la norme de la vitesse du centre de masse est V_0. On applique alors un couple de freinage de moment constant $\mathbf{C}_f = -C_f\mathbf{e}_y$ dont l'intensité est telle que C continue de rouler sans jamais glisser. On suppose par ailleurs que l'effet de ce couple sur les valeurs de T et N est négligeable.

Calculer l'énergie cinétique $K_0(\mathcal{C}/\mathcal{R})$ du cylindre à l'instant t = 0.

a) $K_0(\mathcal{C}/\mathcal{R}) = \frac{3}{4}mV_0^2$ b) $K_0(\mathcal{C}/\mathcal{R}) = \frac{1}{2}mV_0^2$ c) $K_0(\mathcal{C}/\mathcal{R}) = \frac{3}{2}mV_0^2$ d) $K_0(\mathcal{C}/\mathcal{R}) = \frac{2}{3}mV_0^2$

2. Déterminer la loi d'évolution de la vitesse de translation V(t) du cylindre en fonction du temps.

a) $V(t) = -\frac{2C_f}{ma}t + V_0$ b) $V(t) = -\frac{C_f}{2ma}t + V_0$

c) $V(t) = -\frac{2C_f}{3ma}t + V_0$ d) $V(t) = -\frac{3C_f}{4ma}t + V_0$

3. Calculer la distance de freinage x_0.

a) $x_0 = \frac{9ma}{4C_f}V_0^2$ b) $x_0 = \frac{3ma}{4C_f}V_0^2$ c) $x_0 = \frac{ma}{4C_f}V_0^2$ d) $x_0 = \frac{2ma}{3C_f}V_0^2$

4. Sachant que le cylindre roule sans glisser tant que la relation $\|\mathbf{T}\| < f\,\|\mathbf{N}\|$, où f est une constante qui caractérise l'adhérence du cylindre, est vérifiée, trouver la distance minimale de freinage x_{0min} de $\mathcal{C}$.

a) $x_{0\,min} = \frac{3V_0^2}{2fg}$ b) $x_{0\,min} = \frac{3V_0^2}{4fg}$ c) $x_{0\,min} = \frac{V_0^2}{fg}$ d) $x_{0\,min} = \frac{V_0^2}{2fg}$

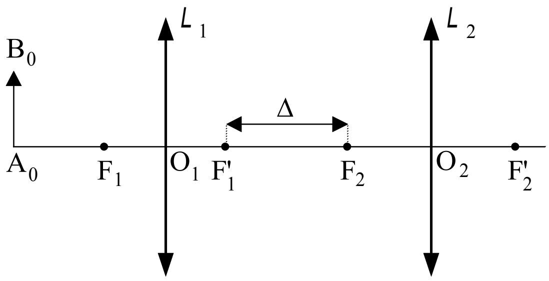
5. Au cours du freinage, la température du cylindre et celle du système de freinage s'élève. Calculer la quantité de chaleur algébrique Q échangée avec le milieu extérieur pour que la température de l'ensemble revienne à sa valeur initiale.

a) $Q = -\frac{3}{4}mV_0^2$ b) $Q = -\frac{3}{2}mV_0^2$ c) $Q = -\frac{1}{2}mV_0^2$ d) $Q = \frac{1}{2}mV_0^2$

6. A l'instant t = 0, le couple de freinage est tel que le cylindre se bloque et glisse instantanément. Calculer la nouvelle distance de freinage x_1.

a) $x_1 = \dfrac{3V_0^2}{2fg}$ b) $x_1 = \dfrac{V_0^2}{2fg}$ c) $x_1 = \dfrac{3V_0^2}{4fg}$ d) $x_1 = \dfrac{V_0^2}{fg}$

7. L'objectif et l'oculaire d'un microscope peuvent être assimilés à deux lentilles minces convergentes $\mathcal{L}_1$ et $\mathcal{L}_2$. Le foyer image F'_1 de l'objectif $\mathcal{L}_1$ et le foyer objet F_2 de l'oculaire $\mathcal{L}_2$ sont séparés par une distance $\overline{F'_1 F_2} = \Delta$. On désigne respectivement par f'_1 et f'_2 les distances focales images de $\mathcal{L}_1$ et $\mathcal{L}_2$. Un observateur dont l'œil est normal et accommode à l'infini, regarde un objet A_0B_0 à travers l'instrument (*voir figure ci-contre*).



Calculer, dans ces conditions d'observation, la distance $p_0 = \overline{O_1A_0}$ de l'objet au centre optique O_1 de L_1 pour qu'une image nette se forme sur la rétine.

a) $p_0 = -\dfrac{f'_2\left(f'_1+\Delta\right)}{\Delta}$ b) $p_0 = -\dfrac{f'_1\left(f'_2+\Delta\right)}{\Delta}$ c) $p_0 = -\dfrac{\Delta}{f'_2\left(f'_1+\Delta\right)}$ d) $p_0 = -\dfrac{f'_1\left(f'_1+\Delta\right)}{\Delta}$

8. Calculer le grandissement transversal γ_{ob} de l'objectif.

a) $\gamma_{ob} = -\dfrac{f'_1}{\Delta}$ b) $\gamma_{ob} = -\dfrac{\Delta + f'_1}{f'_1}$ c) $\gamma_{ob} = -\dfrac{\Delta}{f'_1}$ d) $\gamma_{ob} = -\dfrac{\Delta}{\Delta + f'_1}$

9. On désigne par d_m la distance minimale de vision distincte d'un œil normal. On définit le grossissement commercial G d'un instrument d'optique par le rapport $G = \alpha_i/\alpha_0$ où α_i est l'angle sous lequel un œil normal accommodant à l'infini voit l'objet à travers l'instrument et α_0 l'angle sous lequel l'objet est vu à l'œil nu lorsqu'il est placé à la distance minimale de vision distincte d_m.
Déterminer le grossissement commercial G_{oc} de l'oculaire en fonction de f'_2 et d_m.

a) $G_{oc} = \dfrac{d_m}{f'_2}$ b) $G_{oc} = \dfrac{d_m + f'_2}{f'_2}$ c) $G_{oc} = \dfrac{d_m}{f'_2 + d_m}$ d) $G_{oc} = -\dfrac{d_m - f'_2}{f'_2}$

10. Exprimer le grossissement commercial G_m du microscope en fonction de G_{oc}, Δ et f'_1.

a) $G_m = -G_{oc}\dfrac{f'_1}{\Delta}$ b) $G_m = -G_{oc}\dfrac{\Delta}{f'_1}$ c) $G_m = -G_{oc}\dfrac{\Delta}{\Delta + f'_1}$ d) $G_m = -G_{oc}\dfrac{f'_1}{\Delta + f'_1}$

11. On définit la puissance $\mathcal{P}$ du microscope par le rapport $\mathcal{P} = \dfrac{\alpha_i}{\overline{A_0B_0}}$ de la dimension angulaire α_i de l'objet vu à travers l'instrument par un œil normal accommodant à l'infini sur la dimension réelle $\overline{A_0B_0}$ de cet objet. Calculer $\mathcal{P}$.

a) $\mathcal{P} = -\dfrac{\Delta}{f'_1\, f'_2}$ b) $\mathcal{P} = -\dfrac{f'_1\, f'_2}{\Delta}$ c) $\mathcal{P} = -\dfrac{\Delta + f'_1}{f'_1\, f'_2}$ d) $\mathcal{P} = -\dfrac{\Delta + f'_2}{f'_1\, f'_2}$

12. On appelle cercle oculaire l'image que donne le microscope de la monture de l'objectif. En considérant un objet placé dans le plan de front passant par O_1, exprimer à quelle distance d_1 de O_2 se trouve le cercle oculaire.

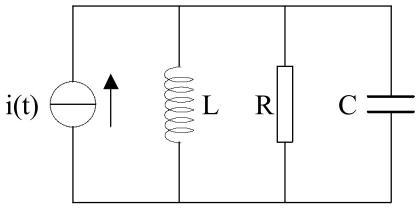
a) $d_1 = f'_2\,\dfrac{f'_1+\Delta}{f'_1+f'_2+\Delta}$ b) $d_1 = f'_1\,\dfrac{f'_1+f'_2+\Delta}{f'_2+\Delta}$

c) $d_1 = f'_2\,\dfrac{f'_1+f'_2+\Delta}{f'_1+\Delta}$ d) $d_1 = f'_1\,\dfrac{f'_2+\Delta}{f'_1+f'_2+\Delta}$

13. La monture de l'objectif est constituée par un diaphragme de diamètre D. Exprimer le diamètre d du cercle oculaire.

a) $d = D\dfrac{f'_1}{f'_2+\Delta}$ b) $d = D\dfrac{f'_1+\Delta}{f'_2}$ c) $d = D\dfrac{f'_2+\Delta}{f'_1}$ d) $d = D\dfrac{f'_2}{f'_1+\Delta}$

Un circuit constitué de l'association en parallèle d'une résistance R = 100 Ω, d'un condensateur de capacité C = 100 μF et d'une bobine d'inductance propre L = 10 mH est connecté à une source de courant sinusoïdal de courant électromoteur instantané $i(t) = I_0 \cos(\omega t)$ dont la pulsation ω peut varier de façon continue. La quantité I_0 est exprimée en valeur efficace et vaut I_0 = 100 mA.



On désigne par ω_0 la valeur de la pulsation pour laquelle la puissance moyenne fournie au circuit par la source, calculée sur une période, passe par une valeur maximale $\mathcal{P}_{max}$. On pose $x = \omega/\omega_0$. Si Q désigne une constante, montrer que l'on peut écrire : $\mathcal{P} = \dfrac{\mathcal{P}_{max}}{1+Q^2\left(x-\dfrac{1}{x}\right)^2}$.

14. Calculer numériquement ω_0 et $\mathcal{P}_{max}$.

a) $\omega_0 = 10^2$ rad.s^{-1} et $\mathcal{P}_{max}$ = 10 W b) $\omega_0 = 10^3$ rad.s^{-1} et $\mathcal{P}_{max}$ = 1 W
c) $\omega_0 = 2.10^3$ rad.s^{-1} et $\mathcal{P}_{max}$ = 0,1 W d) $\omega_0 = 10^4$ rad.s^{-1} et $\mathcal{P}_{max}$ = 0,5 W

15. Donner la valeur numérique de Q.

a) Q = 10 b) Q = 2 c) Q = 5 d) Q = 30

16. La bande passante $\Delta\omega_0$ du circuit est définie par la différence des pulsations pour lesquelles la puissance vaut $\mathcal{P}_{max}/2$. Calculer la valeur numérique de Δw_0.

a) $\Delta\omega_0$ = 10 rad.s^{-1} b) $\Delta\omega_0$ = 1000 rad.s^{-1} c) $\Delta\omega_0$ = 200 rad.s^{-1} d) $\Delta\omega_0$ = 100 rad.s^{-1}

17. Montrer que l'intensité du courant dans la bobine peut s'écrire $i_L(t) = I_L \cos(\omega t + \varphi_L)$. Exprimer I_L.

a) $I_L = I_0 \dfrac{1}{x\sqrt{1+Q^2(x-1/x)^2}}$ b) $I_L = \dfrac{I_0}{x}\dfrac{1}{1+Q^2(x-1/x)^2}$

c) $I_L = I_0 \dfrac{Q}{x\sqrt{1+Q^2(x-1/x)^2}}$ d) $I_L = I_0 \dfrac{2Q}{\sqrt{1+Q^2(x-1/x)^2}}$

18. Montrer que I_L passe par une valeur maximum I_{Lmax} pour une valeur ω_1 de la pulsation si $Q > Q_{min}$. Exprimer Q_{min}.

a) $Q_{min} = \dfrac{1}{\sqrt{2}}$ b) $Q_{min} = \sqrt{2}$ c) $Q_{min} = 2\sqrt{2}$ d) $Q_{min} = \dfrac{1}{2}$

19. Exprimer ω_1.

a) $\omega_1 = \omega_0\sqrt{\dfrac{2Q^2}{2Q^2-1}}$ b) $\omega_1 = \omega_0\sqrt{\dfrac{Q^2-1}{Q^2}}$

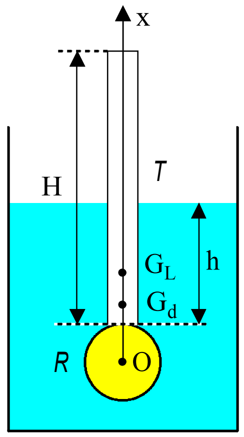
c) $\omega_1 = \omega_0\sqrt{\dfrac{Q^2}{Q^2-1}}$ d) $\omega_1 = \omega_0\sqrt{\dfrac{2Q^2-1}{2Q^2}}$

20. Donner l'expression de I_{Lmax}.

a) $I_{L\,max} = I_0 \dfrac{2Q}{\sqrt{4Q^2-1}}$ b) $I_{L\,max} = I_0 \dfrac{Q^2}{\sqrt{2Q^2-1}}$

c) $I_{L\,max} = I_0 \dfrac{2Q^2}{\sqrt{4Q^2-1}}$ d) $I_{L\,max} = I_0 \dfrac{2Q^2}{4Q^2-1}$

21. Un densitomètre est constitué d'un tube cylindrique *T* de masse m = 10 g, de hauteur H = 30 cm et de section S = 1 cm_2, lesté dans sa partie inférieure par un réservoir sphérique *R* de rayon R, de volume V_0 = 1 cm^3, dont la masse et l'épaisseur des parois sont négligeables. Le réservoir est rempli dans sa totalité du volume V_0 de mercure de masse volumique ρ_{Hg} = 13,6 $g.cm^{-3}$. Le densitomètre est plongé dans un liquide de masse volumique ρ et l'on désigne par h la hauteur immergée du tube cylindrique *T* (*voir figure ci-contre*).



Calculer numériquement la position $x_d = OG_d$ du centre de masse G_d du densitomètre par rapport au centre de masse O du lest *R*.

a) x_d = 7,42 cm b) x_d = 2,75 cm
c) x_d = 6,62 cm d) x_d = 5,56 cm

22. Exprimer la position $x_L = OG_L$ du centre de masse G_L du liquide déplacé par le densitomètre par rapport au centre de masse O du lest *R* en fonction de S, V_0, R et h.

a) $x_L = 2Sh\dfrac{Sh+V_0}{h+2R}$ b) $x_L = Sh\dfrac{h+2R}{2(Sh+V_0)}$

c) $x_L = Sh\dfrac{h+R}{Sh+2V_0}$ d) $x_L = Sh\dfrac{Sh+V_0}{2h+R}$

23. Montrer que le densitomètre conserve une position d'équilibre stable, tige verticale, si h vérifie l'inéquation : $h^2 - 2bh - c > 0$. Donner la valeur numérique de b.

a) b = 3,5 cm b) b = 4,2 cm c) b = 9 cm d) b = 6 cm

24. Exprimer c numériquement.

a) c = 13,24 cm^2 b) c = 9,34 cm^2 c) c = 7,56 cm^2 d) c = 19,47 cm^2

25. Calculer la valeur minimale h_m que doit avoir h pour que le densitomètre reste en équilibre stable, tige verticale.

a) h_m = 10,57 cm b) h_m = 7,34 cm c) h_m = 2,21 cm d) h_m = 13,01 cm

26. Calculer la valeur minimale ρ_m de la masse volumique ρ que l'on peut mesurer avec ce densitomètre.

a) $\rho_m = 1{,}21 g.cm^{-3}$ b) $\rho_m = 2{,}37 g.cm^{-3}$ c) $\rho_m = 0{,}76 g.cm^{-3}$ d) $\rho_m = 0{,}65 g.cm^{-3}$

27. Calculer la valeur maximale ρ_M de la masse volumique ρ que l'on peut mesurer avec ce densitomètre si l'on veut que sa tige reste naturellement verticale pendant la mesure.

a) $\rho_M = 7{,}12 g.cm^{-3}$ b) $\rho_M = 1{,}68 g.cm^{-3}$ c) $\rho_M = 4{,}73 g.cm^{-3}$ d) $\rho_M = 12{,}17 g.cm^{-3}$

28. Un moteur thermique fonctionne de façon réversible entre deux sources dont les températures T_c et T_f ($T_f < T_c$) peuvent évoluer au cours du temps à cause des échanges thermiques avec la machine.
La source froide est constituée par une masse M = 100 kg d'eau en totalité à l'état de glace fondante à la température T_{f0} = 273 K. La source chaude est constituée par une masse 2M d'eau liquide à la température T_{c0} = 373 K. On donne :

♦ capacité thermique massique de l'eau liquide C = 4,18 $kJ.K^{-1}.kg^{-1}$
♦ chaleur latente de fusion de la glace à la température T_{f0}, L = 335,6 $kJ.kg^{-1}$

Déduire d'un bilan entropique effectué sur la machine, la température T_{c1} de la source chaude lorsque la totalité de la glace de la source froide a fondu.

a) T_{c1} = 322 K b) T_{c1} = 300 K c) T_{c1} = 305 K d) T_{c1} = 352 K

29. Calculer numériquement dans ce cas, le travail W_1 fourni par le moteur.

a) $W_1 = -7{,}034.10^6$ J b) $W_1 = -9{,}076.10^6$ J c) $W_1 = -3{,}861.10^6$ J d) $W_1 = -3{,}137.10^6$ J

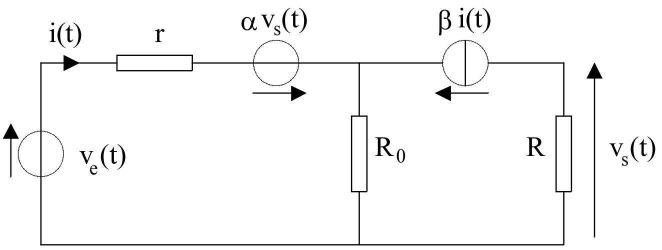
30. Le moteur s'arrête de fonctionner lorsque les deux sources sont à la même température T_0. Calculer numériquement T_0.

a) T_0 = 289,7 K b) T_0 = 325,2 K c) T_0 = 312,6 K d) T_0 = 304,8 K

31. Calculer le travail total W_2 fourni par le moteur depuis le début de son fonctionnement jusqu'à ce qu'il s'arrête.
a) $W_2 = -3{,}732.10^7$ J b) $W_2 = -5{,}875.10^6$ J c) $W_2 = -2{,}423.10^5$ J d) $W_2 = -1{,}021.10^7$J

32. Calculer le rendement thermique global η du moteur.
a) $\eta = 0{,}32$ b) $\eta = 0{,}25$ c) $\eta = 0{,}72$ d) $\eta = 0{,}18$

33. Calculer le rendement thermique η_0 du moteur si l'on avait maintenu constantes les températures initiales de chacune des deux sources.
a) $\eta_0 = 0{,}27$ b) $\eta_0 = 0{,}32$ c) $\eta_0 = 0{,}49$ d) $\eta_0 = 0{,}78$



34. On considère un circuit représenté sur le schéma de la figure ci-contre. La source qui délivre la tension d'entrée $v_e(t) = V_e\sqrt{2}\cos(\omega t)$ est un générateur de tension autonome parfait délivrant une tension sinusoïdale de valeur efficace V_e et de pulsation ω. Les deux autres générateurs, parfaits eux aussi, sont des sources liées, commandées respectivement par la tension de sortie $v_s(t) = v_A - v_B$ pour la source de tension et pour la source de courant , par le courant i(t) délivré par la source autonome. Les quantités α et β sont des constantes.
Du point de vue de ses bornes de sortie A et B, ce réseau dans lequel est compris le résistor de résistance R connecté entre les bornes A et B, est équivalent à un générateur qui, dans la représentation de Thévenin, est constitué par une source de tension de force électromotrice $e_{th}(t)$ associé en série à un résistor de résistance r_{th}.
Dans la représentation de Norton, ce générateur est constitué d'une source de courant, de courant électromoteur $i_N(t)$, associé en parallèle à un résistor de résistance R_{th}.
Exprimer la résistance d'entrée R_e du circuit définie par le rapport $R_e = \dfrac{v_e(t)}{i(t)}$.

a) $R_e = r + \alpha\beta R + (\beta+1)R_0$ b) $R_e = r + \alpha R + (\beta+1)R_0$
c) $R_e = r + \beta R + (\beta+1)R_0$ d) $R_e = r + \beta R$

35. Calculer e_{th}.

a) $e_{th} = -\dfrac{\beta R\, v_e}{r + \alpha\beta R + (\beta+1)R_0}$ b) $e_{th} = -\dfrac{R\, v_e}{\alpha\beta R + (\beta+1)R_0}$

c) $e_{th} = -\dfrac{\alpha R\, v_e}{r + (\beta+1)R_0}$ d) $e_{th} = -\dfrac{\alpha\beta R\, v_e}{r + \alpha\beta R}$

36. Calculer r_{th}.

a) $r_{th} = R$ b) $r_{th} = \dfrac{R\,(R_0 + r)}{r + \alpha\beta R + (\beta+1)R_0}$

c) $r_{th} = \dfrac{R\,(R_0 + r)}{\alpha r + R + R_0}$ d) $r_{th} = \dfrac{R\,[r + (\beta+1)R_0]}{r + \alpha\beta R + (\beta+1)R_0}$

37. Calculer i_N.

a) $i_N = -\dfrac{\beta\, v_e}{r + \alpha\beta R + (\beta+1)R_0}$ b) $i_N = -\dfrac{\beta\, v_e}{r + (\beta+1)R_0}$

c) $i_N = -\dfrac{\alpha\, v_e}{\alpha\beta R + (\beta+1)R_0}$ d) $i_N = -\dfrac{\alpha\beta\, v_e}{r + \alpha(\beta+1)R_0}$

38. Calculer R_{th}.

a) $R_{th} = \dfrac{R\left[r+(\beta+1)R_0\right]}{r+\alpha\beta R+(\beta+1)R_0}$

b) $R_{th} = R$

c) $R_{th} = \dfrac{R\left(R_0+r\right)}{r+\alpha\beta R+(\beta+1)R_0}$

d) $R_{th} = \dfrac{R\left(R_0+r\right)}{\alpha r+R+R_0}$

39. Un résistor de résistance R_u est connecté entre les bornes A et B, en parallèle sur le résistor de résistance R. Exprimer, en fonction de R_u et des caractéristiques du générateur équivalent, la puissance moyenne $\mathcal{P}_u$ calculée sur une période dissipée dans R_u. E_{th} est la valeur efficace de $e_{th}(t)$.

a) $\mathcal{P}_u = r_{th}\dfrac{E_{th}^2}{\left(R_u+r_{th}\right)^2}$

b) $\mathcal{P}_u = r_{th}\dfrac{E_{th}^2}{R_u^2}$

c) $\mathcal{P}_u = R_u\dfrac{E_{th}^2}{\left(R_u+r_{th}\right)^2}$

d) $\mathcal{P}_u = R_u\dfrac{E_{th}^2}{r_{th}^2}$

40. Pour quelle valeur R_{u0} de R_u cette puissance est-elle maximale ?

a) $R_{u0} = \dfrac{R\left[r+(\beta+1)R_0\right]}{r+\alpha\beta R+(\beta+1)R_0}$

b) $R_{u0} = \dfrac{(\beta+1)R\,R_0}{r+(\beta+1)R_0}$

c) $R_{u0} = \dfrac{R\left[r+(\beta+1)R_0\right]}{\alpha\beta R+(\beta+1)R_0}$

d) $R_{u0} = \dfrac{R\left[r+(\beta+1)R_0\right]}{r+\alpha\beta R}$