

Materiais magnéticos

28.47 Um solenóide toroidal com 500 espiras é constituído por um enrolamento sobre um anel cujo raio médio é igual a 2,90 cm. Calcule qual deve ser a corrente no enrolamento necessária para produzir um campo magnético de 0,350 T no anel, (a) supondo que o anel seja de ferro recozido ($K_m = 1400$); (b) supondo que o anel seja de aço com silício ($K_m = 5200$).

28.48 A corrente que passa nos enrolamentos de um solenóide toroidal é de 2,400 A. Existem 500 espiras e seu raio médio é igual a 25,0 cm. O toróide está preenchido com um material magnético. Verifica-se que o campo magnético no interior das espiras é igual a 1,940 T. Calcule (a) a permeabilidade relativa; (b) a suscetibilidade magnética do material que preenche o toróide.

28.49 Um solenóide longo, com 60 espiras por centímetro, conduz uma corrente igual a 0,15 A. O fio das espiras é enrolado em torno de um núcleo de aço com silício ($K_m = 5200$). (O fio do solenóide é envolvido por uma camada de isolante, de modo que não flua nenhuma corrente para o núcleo.) (a) Para um dado ponto no interior do núcleo, determine o módulo (i) do campo magnético \vec{B}_0 produzido pela corrente que passa no solenóide, (ii) da magnetização \vec{M} e (iii) do campo magnético resultante \vec{B} . (b) Faça um esboço mostrando o solenóide e o núcleo e indique as direções e os sentidos dos vetores \vec{B}_0 , \vec{M} e \vec{B} no interior do núcleo do solenóide.

Indução eletromagnética

29.2 Em uma experiência de física feita em um laboratório, uma bobina com 200 espiras, com seção reta de área igual a 12 cm², gira em 0,040 s desde uma posição na qual seu plano é perpendicular ao campo magnético da Terra até uma posição na qual seu plano é paralelo ao campo. O campo magnético da Terra onde se situa o laboratório é igual a $6,0 \times 10^{-5}$ T. (a) Qual é o fluxo magnético total que passa pela bobina antes de ela ser girada? Após ela ser girada? (b) Qual é a fem induzida média na bobina?

29.3 Bobinas de exploração e cartões de crédito. (a) Deduza uma equação para relacionar a carga total Q que flui através de uma bobina de exploração (Exemplo Conceitual 29.3) com o módulo do campo magnético B . A bobina de exploração possui N espiras, cada uma delas com área A , e o fluxo diminui de seu valor máximo inicial até zero em um intervalo de tempo Δt . A resistência da bobina é igual a R e a carga total é dada por $Q = I\Delta t$, em que I é a corrente média induzida pela variação do fluxo. (b) Em um dispositivo para leitura de cartões de crédito, a tarja magnética no verso do cartão é 'passada' através do campo de uma bobina no interior do dispositivo de leitura. Explique, usando o mesmo raciocínio básico para explicar o funcionamento da bobina de exploração, como o dispositivo de leitura pode decodificar as informações armazenadas nas camadas magnetizadas existentes na tarja magnética. (c) É necessário que o cartão de crédito seja 'passado' no dispositivo de leitura com uma única velocidade exata? Por quê?

29.7 A corrente no fio longo e retilíneo AB indicado na Figura 29.27 está orientada de baixo para cima e aumenta regularmente a uma taxa di/dt . (a) No instante em que a corrente é i , quais são o módulo, a direção e o sentido do campo \vec{B} a uma distância r para a direita do fio? (b) Qual é o fluxo $d\Phi_B$ através da faixa estreita e sombreada? (c) Qual é o fluxo total através da espira? (d) Qual é a fem induzida na espira? (e) Avalie o valor numérico da fem induzida, se $a = 12,0$ cm, $b = 36,0$ cm, $L = 24,0$ cm e $di/dt = 9,60$ A/s.

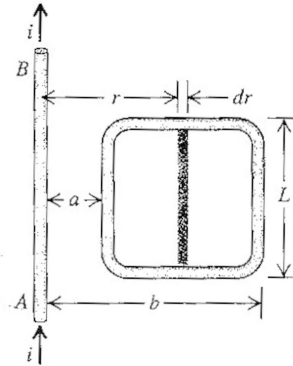


Figura 29.27 Exercício 29.7.

29.16 A corrente na Figura 29.32 obedece à equação $I(t) = I_0 e^{-bt}$, em que $b > 0$. Determine o sentido (horário ou anti-horário) da corrente induzida na bobina redonda para $t > 0$.

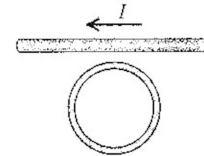


Figura 29.32 Exercício 29.16.

29.25 Na Figura 29.38, uma barra condutora ab está em contato com os trilhos ca e db . O dispositivo encontra-se em um campo magnético uniforme de 0,800 T perpendicular ao plano da figura. (a) Calcule o módulo da fem induzida na barra quando ela se desloca da esquerda para a direita com velocidade igual a 7,50 m/s. (b) Em que sentido a corrente flui na barra? (c) Sabendo que a resistência do circuito $abcd$ é igual a 1,50 Ω (supostamente constante), determine o módulo, a direção e o sentido da força necessária para manter a barra se deslocando da esquerda para a direita com velocidade de 7,50 m/s. Despreze o atrito. (d) Compare a taxa do trabalho mecânico realizado pela força magnética (Fv) à taxa da energia térmica dissipada no circuito (I^2R).

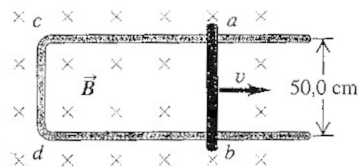


Figura 29.38 Exercício 29.25.

29.31 Um solenóide fino possui 400 espiras por metro e raio igual a 1,10 cm. A corrente no solenóide cresce com uma taxa uniforme di/dt . O campo elétrico induzido em um ponto próximo do centro do solenóide e a uma distância de 3,50 cm de seu eixo é igual a $8,0 \times 10^{-6}$ V/m. Calcule di/dt .

29.61 O fio retilíneo longo indicado na Figura 29.51a conduz uma corrente constante I . Uma barra metálica de comprimento L se move com velocidade constante \vec{v} , como indica a figura. O ponto a está a uma distância d do fio. (a) Calcule a fem induzida na barra. (b) Qual dos dois pontos, a ou b , possui potencial mais elevado? (c) Se a barra for substituída por uma espira retangular de resistência R (Figura 29.51b), qual será o módulo da corrente induzida na espira?

29.64 Um aparelho de ginástica magnético. Você projetou um novo tipo de aparelho de ginástica com um mecanismo extremamente simples (Figura 29.36). Uma barra vertical de prata (material escolhido pela sua baixa resistividade e porque ele faz o aparelho parecer frio) com comprimento $L = 3,0$ m está livre para se mover para a esquerda ou para a direita, sem atrito sobre os trilhos de prata. Todo o aparelho é colocado em um campo magnético uniforme e horizontal de intensidade 0,25 T. Ao empurrar a barra para a esquerda ou para a direita, o movimento da barra aciona uma corrente no circuito que inclui a barra. A resistência da barra e dos trilhos pode ser desprezada. O campo magnético exerce uma força sobre a barra que transporta corrente, e essa força se opõe ao movimento da barra. O benefício para a saúde advém do exercício que você faz ao trabalhar contra essa força. (a) O objetivo do seu projeto é que o praticante do exercício deve realizar trabalho à taxa de 25 watts ao mover a barra a uma velocidade regular de 2,0 m/s. Qual deve ser a resistência R ? (b) Você decide variar a potência exigida da pessoa, para adaptar o aparelho à sua força e condição física. Se a potência for aumentada para 50 W, alterando-se R enquanto se mantêm os demais parâmetros do projeto constantes, R deve ser aumentado ou diminuído? Calcule o valor de R para 50 W. (c) Ao começar a construir um protótipo, você descobre que é difícil produzir um campo magnético de 0,25 T sobre uma área tão grande. Se você diminuir o comprimento da barra para 0,20 m, enquanto mantém B , v e R como no item (a), qual será a potência exigida da pessoa?

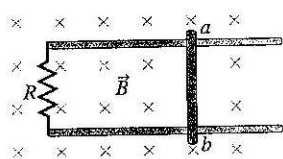


Figura 29.36 Exercício 29.20 e Problema 29.64.

29.65 Uma espira retangular com largura L e um fio deslizante com massa m estão como indica a Figura 29.53. Um campo magnético uniforme \vec{B} está orientado perpendicularmente ao plano da espira para dentro do plano da figura. O fio deslizante recebe uma velocidade escalar inicial v_0 e, a seguir, é libertado. Não há atrito entre o fio deslizante e a espira, e a resistência da espira é desprezível em comparação à resistência R do fio. (a) Obtenha uma expressão para F , o módulo da força exercida sobre o fio enquanto ele se move a uma velocidade escalar v . (b) Mostre que a distância x que o fio percorre antes de atingir o repouso é $x = mv_0 R l a^2 B^2$.

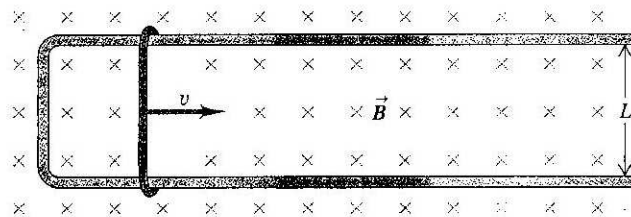


Figura 29.53 Problema 29.65.

29.77 Uma barra metálica de comprimento L , massa m e resistência total R está sobre trilhos metálicos sem atrito, inclinados em um ângulo ϕ em relação à horizontal. Os trilhos possuem resistência desprezível. Um campo magnético uniforme de módulo B está orientado para baixo, como indicado na Figura 29.57. A barra é libertada a partir do repouso e desliza para baixo sobre os trilhos. (a) O sentido da corrente induzida é de a para b ou de b para a ? (b) Qual é a velocidade terminal da barra? (c) Qual será a corrente induzida na barra quando a velocidade terminal for atingida? (d) Depois que a velocidade terminal é atingida, qual é a taxa da conversão de energia elétrica em energia térmica na barra? (e) Depois que a velocidade terminal é atingida, qual é a taxa do trabalho realizado pela força da gravidade? Compare sua resposta à taxa encontrada no item (d).

Corrente de deslocamento

29.36 Um capacitor de placas paralelas e cheio de ar está sendo carregado, como indica a Figura 29.23. As placas circulares possuem raio de 4,0 cm e, em um dado instante, a corrente de condução nos fios é de 0,280 A. (a) Qual é a densidade de corrente de deslocamento j_D no espaço entre as placas? (b) Qual é a taxa de variação do campo elétrico entre as placas? (c) Qual é o campo magnético induzido entre as placas a uma distância de 2,0 cm do eixo? (d) E a 1,0 cm do eixo?

29.38 Na Figura 29.23, as placas do capacitor possuem área de $5,0 \text{ cm}^2$ e separação de 2,0 mm. As placas estão em um vácuo. A corrente de carga possui um valor constante de 1,80 mA. No instante $t = 0$, a carga nas placas é igual a zero. (a) Calcule a carga sobre as placas, o campo elétrico entre as placas e a diferença de potencial entre elas quando $t = 0,500 \mu\text{s}$. (b) Calcule dE/dt , a taxa de variação com o tempo do campo elétrico entre as placas. dE/dt varia com o tempo? (c) Calcule a densidade de corrente de deslocamento j_D entre as placas e, partir desse valor, a corrente de deslocamento total i_D . Como i_C e i_D se comparam?

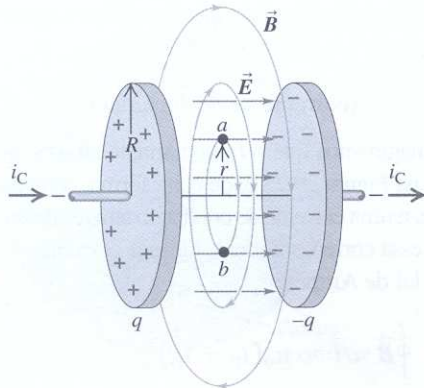


Figura 29.23

29.72 Um capacitor possui duas placas paralelas com área A separadas por uma distância d . O espaço entre as placas está preenchido com um material que possui constante dielétrica K . O material não é um isolante perfeito, mas possui resistividade ρ . O capacitor tem carga inicial de módulo Q_0 em cada placa que gradualmente se descarrega devido à condução através do dielétrico. (a) Calcule a densidade da corrente de condução $j_C(t)$ no dielétrico. (b) Mostre que em qualquer instante a densidade d corrente de deslocamento no dielétrico é igual em módulo à densidade da corrente de condução, mas com sentido contrário, de modo que a densidade de corrente total é igual a zero em todo instante.

29.77 Uma barra metálica de comprimento L , massa m e resistência total R está sobre trilhos metálicos sem atrito, inclinados em um ângulo ϕ em relação à horizontal. Os trilhos possuem resistência desprezível. Um campo magnético uniforme de módulo B está orientado para baixo, como indicado na Figura 29.57. A barra é libertada a partir do repouso e desliza para baixo sobre os trilhos. (a) O sentido da corrente induzida é de a para b ou de b para a ? (b) Qual é a velocidade terminal da barra? (c) Qual será a

corrente induzida na barra quando a velocidade terminal for atingida? (d) Depois que a velocidade terminal é atingida, qual é a taxa da conversão de energia elétrica em energia térmica na barra? (e) Depois que a velocidade terminal é atingida, qual é a taxa do trabalho realizado pela força da gravidade? Compare sua resposta à taxa encontrada no item (d).

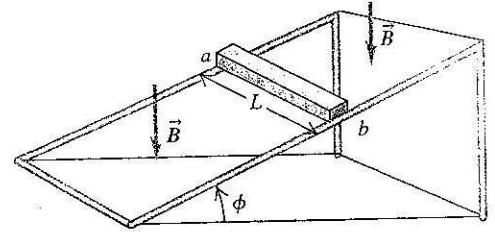


Figura 29.57 Problema desafiador 29.77.

Indutância

30.1 A indutância mútua entre duas bobinas é $M = 3,25 \times 10^{-4} \text{ H}$. A corrente i_1 na primeira bobina cresce com uma taxa uniforme de 830 A/s. (a) Qual é a fem induzida na segunda bobina? Ela é constante? (b) Suponha que a corrente esteja circulando na segunda bobina em vez de na primeira. Qual é o módulo da fem induzida na primeira bobina?

30.3 De acordo com a Equação (30.5), $1 \text{ H} = 1 \text{ Wb/A}$, e, de acordo com a Equação (30.4), $1 \text{ H} = 1 \Omega \cdot \text{s}$. Mostre que essas duas definições são equivalentes.

30.9 O indutor na Figura 30.18 apresenta indutância de 0,260 H e conduz uma corrente no sentido indicado que diminui com uma taxa constante dada por $di/dt = -0,0180 \text{ A/s}$. (a) Qual é a fem auto-induzida? (b) Qual é a extremidade do indutor que está a um potencial mais elevado, a ou b ?

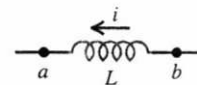


Figura 30.18 Exercícios 30.9 e 30.10.

30.16 Existe uma proposta para usar grandes indutores como dispositivos para armazenar energia. (a) Qual é a energia total convertida em energia térmica e energia luminosa quando uma lâmpada incandescente de 200 W fica acesa durante um dia? (b) Se a energia calculada na parte (a) fosse armazenada em um indutor no qual circulasse uma corrente de 80,0 A, qual seria sua indutância?

Ondas eletromagnéticas

32.6 Uma onda eletromagnética com comprimento de onda igual a 435 nm se desloca no vácuo no sentido $-z$. O campo elétrico é paralelo ao eixo Ox e possui amplitude de $2,70 \times 10^{-3}$ V/m. Qual é o valor (a) da frequência? (b) da amplitude do campo magnético? (c) Escreva equações vetoriais para $\vec{E}(z, t)$ e para $\vec{B}(z, t)$.

32.9 Uma onda eletromagnética possui um campo elétrico dado por $\vec{E}(y, t) = -(3,10 \times 10^5 \text{ V/m}) \hat{k} \sin [ky - (12,65 \times 10^{12} \text{ rad/s}) t]$. (a) Em que direção e sentido a onda eletromagnética está se propagando? (b) Qual é o comprimento de onda? (c) Escreva a equação vetorial para $\vec{B}(y, t)$.

32.16 Considere a direção e o sentido do campo magnético e do campo elétrico indicados a seguir. Para cada caso, qual é a direção e o sentido da propagação da onda? (a) $\vec{E} = E\hat{i}$, $\vec{B} = -B\hat{j}$; (b) $\vec{E} = E\hat{j}$, $\vec{B} = B\hat{i}$; (c) $\vec{E} = -E\hat{k}$, $\vec{B} = -B\hat{i}$; (d) $\vec{E} = E\hat{i}$, $\vec{B} = -B\hat{k}$.

32.28 Nos laboratórios de simulação espacial da Nasa, existe uma sala de 25 pés de comprimento (aproximadamente igual a 7,6 m), na qual um conjunto de lâmpadas produz no piso do laboratório uma intensidade de 2500 W/m^2 (uma simulação equivalente à intensidade da luz solar nas vizinhanças do planeta Vênus). Calcule a pressão da radiação média (em pascals e em atmosferas) sobre (a) uma seção totalmente absorvedora do piso do laboratório; (b) uma seção totalmente refletora do piso do laboratório. (c) Calcule a densidade do momento linear médio (momento linear por unidade de volume) da luz que atinge o piso do laboratório.

32.31 Uma onda eletromagnética estacionária em certo material possui frequência igual a $2,20 \times 10^{10} \text{ Hz}$. A distância entre dois planos nodais consecutivos do campo \vec{B} é igual a 3,55 mm. Calcule: (a) o comprimento de onda da onda nesse material; (b) a distância entre dois planos nodais adjacentes do campo \vec{E} ; (c) a velocidade de propagação da onda.

32.33 Uma onda eletromagnética estacionária em certo material possui frequência de $1,20 \times 10^{10} \text{ Hz}$ e velocidade de propagação de $2,10 \times 10^8 \text{ m/s}$. (a) Qual é a distância entre um plano nodal do campo \vec{B} e o plano antinodal mais próximo do campo \vec{B} ? (b) Qual é a distância entre um plano antinodal do campo \vec{E} e o plano antinodal mais próximo do campo \vec{B} ? (c) Qual é a distância entre um plano nodal do campo \vec{E} e o plano nodal mais próximo do campo \vec{B} ?

32.34 Mostre que as ondas estacionárias do campo magnético e do campo elétrico para ondas eletromagnéticas estacionárias indicadas pelas equações (32.34) e (32.35) (a) satisfazem a Equação de onda (32.15); (b) satisfazem as equações (32.12) e (32.14).

32.42 Considere uma onda eletromagnética plana tal como a indicada na Figura 32.5, porém na qual os campos \vec{E} e \vec{B} também possuam componentes na direção do eixo Ox (ao longo da direção de propagação da onda). Use a lei de Gauss para o campo magnético e para o campo elétrico para mostrar que os componentes E_x e B_x devem ser ambos iguais a zero e que, portanto, \vec{E} e \vec{B} são ambos transversais. (Sugestão: use uma superfície gaussiana como indicada na Figura 32.6. Das duas faces paralelas ao plano yz , escolha uma à esquerda da frente de onda e a outra à direita da frente de onda.)

32.44 Existem projetos para o uso de coletores solares em satélites que orbitam em torno da Terra. A potência coletada pelo satélite seria enviada para a Terra sob forma de radiação de microondas. Para um feixe de microondas cuja seção reta possui área igual a $36,0 \text{ m}^2$ incidindo sobre a superfície da Terra com uma potência total de 2,80 kW, qual seria a amplitude do campo elétrico do feixe sobre a superfície da Terra?

32.46 O plano de uma superfície é perpendicular à direção de propagação de um feixe de ondas eletromagnéticas com intensidade I . A superfície absorve uma fração w da intensidade incidente, sendo $0 \leq w \leq 1$, e reflete a parte restante. (a) Mostre que a pressão da radiação sobre a superfície é dada por $(2 - w)I/c$. (b) Mostre que o resultado precedente fornece a expressão correta para uma superfície (i) totalmente absorvedora; (ii) totalmente refletora. (c) Para uma intensidade incidente de $1,40 \text{ kW/m}^2$, qual é a pressão da radiação quando ocorre uma absorção de 90%? E quando ocorre uma reflexão de 90%?

Indução Eletromagnética e Corrente de Deslocamento

29.2 (a) $1,44 \times 10^{-5}$ Wb, 0 (b) 0,36 mV

29.3 (a) $Q = NBA/R$ (c) Não

29.7 (a) $B = \mu_0 i / 2\pi r$, para dentro da página (b) $d\Phi_B = BdA = (\mu_0 I / 2\pi r)Ldr$
(c) $\Phi_B = (\mu_0 i L / 2\pi) \ln(b/a)$ (d) $\mathcal{E} = (\mu_0 L / 2\pi) \ln(b/a) di/dt$ (e) $\mathcal{E} = 5,06 \times 10^{-7}$ V.

29.16 Anti-horário

29.25 (a) 3,0 V (b) Sentido horário (c) 0,8 N para a direita (d) 6,0 W = $P_{mec} = P_{elé}$

29.31 9,21 A/s

29.61 (a) $(\mu_0 IV / 2\pi) \ln[(L+d)/d]$ (b) a (c) 0

29.64 (a) 0,090 Ω (b) 0,045 Ω (c) 0,11 W

29.65 (a) $F = B^2 a^2 V / R$

29.77 (a) De a para b (b) $v_t = Rmg \tan \theta / L^2 B^2 \cos \theta$ (c) $mg \tan \theta / LB$ (d) $Rm^2 g^2 (\tan \theta)^2 / L^2 B^2$
(e) Igual ao item (d)

29.36 (a) $j_D = 55,7$ A/m²; (b) $dE/dt = 6,29 \times 10^{12}$ V/m·s; (c) $B = 7,00 \times 10^{-7}$ T;
(d) $B = 3,50 \times 10^{-7}$ T

29.38 (a) $q = 9,00 \times 10^{-10}$ C, $E = 2,03 \times 10^5$ V/m e $V = 406$ V; (b) $dE/dt = 4,07 \times 10^{11}$ V/m·s; (c) $i_C = i_D = 1,8 \times 10^{-3}$ A

29.72 (a) $j_C(t) = \left(\frac{Q_0}{AK\rho\epsilon_0} \right) \exp\left(-\frac{t}{K\rho\epsilon_0}\right)$

Indutância

30.1 (a) 0,27 V, sim (b) 0,27 V

30.9 (a) 4,68 mV (b) a

30.16 (a) $1,73 \times 10^7$ J (b) $5,41 \times 10^3$ H

Ondas Eletromagnéticas

32.6 (a) $f = 6,90 \times 10^{14}$ Hz; (b) $B_{max} = E_{max}/c = 9,00 \times 10^{-12}$ T; (c) $\vec{E}(z, t) = \hat{i} B_{max} \cos(kz + \omega t)$; $\vec{B}(z, t) = -\hat{j} B_{max} \cos(kz + \omega t)$ onde $k = 1,44 \times 10^7$ rad/m e $\omega = 4,34 \times 10^{15}$.

32.9 (a) A onda se propaga na direção $+y$; (b) $\lambda = 1,49 \times 10^{-4}$ m;

(c) $\vec{B}(z, t) = -\hat{i} 1,03 \times 10^{-3} \sin(4,22 \times 10^4 y - 12,65 \times 10^{12} t)$ T

32.16 (a) $\hat{i} \times (-\hat{j}) = -\hat{k}$; (b) $\hat{j} \times \hat{i} = -\hat{k}$; (c) $(-\hat{k}) \times (-\hat{i}) = \hat{j}$; (d) $\hat{i} \times (-\hat{k}) = \hat{j}$.

32.28 (a) $p_{rad} = 8,33 \times 10^{-6}$ Pa; (b) $p_{rad} = 1,67 \times 10^{-5}$ Pa; (c) A densidade de momento é $\langle S \rangle / c^2 = 2,78 \times 10^{-14}$ kg/m²·s.

32.31 (a) $\lambda = 7,10$ mm; (b) $\lambda/2 = 3,55$ mm; (c) $v = 1,56 \times 10^8$ m/s.

32.33 (a) $\lambda/4 = 4,38$ mm; (b) $\lambda/4 = 4,38$ mm; (c) $\lambda/4 = 4,38$ mm

32.44 $E_{max} = 242$ N/C

32.46 (a) $p_{rad} = \frac{(2-w)I}{c}$; (b)(i) totalmente absorvedora: $w = 1 \implies p_{rad} = \frac{I}{c}$, (ii) totalmente refletora: $w = 0 \implies p_{rad} = \frac{2I}{c}$; (c) para $w = 0,9$, $p_{rad} = 5,13 \times 10^{-6}$ Pa; para $w = 0,1$, $p_{rad} = 8,87 \times 10^{-6}$ Pa.