

# OLIMPÍADA BRASILEIRA DE FÍSICA 2014

**LEIA COM ATENÇÃO AS INSTRUÇÕES DESTA  
FOLHA ANTES DE APLICAR A PROVA**

**(não imprima esta folha)**

## **Prova da 1ª fase:**

**Regulamento da OBF 2014 para a prova da 1ª fase:**

3.1 A prova da 1ª fase será realizada no dia 22 de maio de 2014 (quinta-feira).

3.1.1 - A aplicação da prova da 1ª fase é de responsabilidade do professor credenciado e será aplicada nas dependências da escola num dos seguintes períodos: manhã (das 7 às 12h), tarde (13 às 18 h), noite (18h30 min às 23h).

**3.1.2 - Após a aplicação da prova os professores deverão recolher todo o material (caderno de questões e folhas de respostas) e manter o material consigo até um dia após a divulgação do gabarito oficial (ver calendário). Os alunos participantes devem ser instruídos pelos professores que não é permitida a transmissão/publicação de comentários sobre o conteúdo da prova (através de qualquer meio, redes sociais ou similares) durante o dia de aplicação da prova. A violação deste item implicará na desclassificação do aluno.**

O gabarito preliminar será divulgado somente na área de acesso restrito dos professores. Após dois dias da divulgação do gabarito preliminar será divulgado o gabarito oficial final. A partir da divulgação do gabarito final as provas poderão retornar aos alunos. As folhas de resposta deverão ficar com o professor.

O lançamento das notas finais dos alunos será liberado na área de acesso restrito após a divulgação do gabarito final.

### FONTES RENOVÁVEIS DE ENERGIA

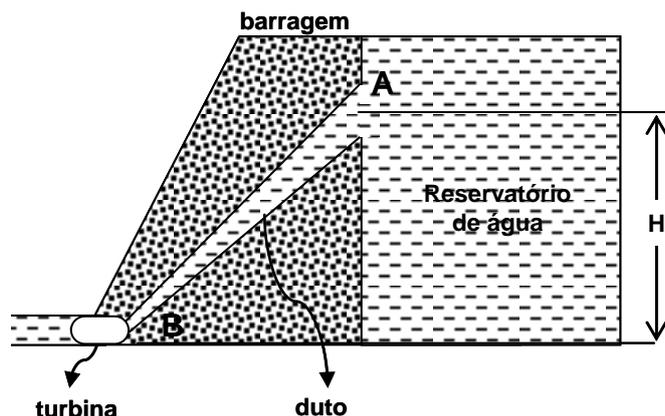
#### LEIA ATENTAMENTE AS INSTRUÇÕES ABAIXO:

- 01) Esta prova destina-se exclusivamente a alunos das 3ª e 4ª séries do ensino médio. Ela contém **vinte** questões.
- 02) Cada questão contém cinco alternativas, das quais apenas uma é correta.
- 03) A alternativa julgada correta deve ser assinalada na **Folha de Respostas**.
- 04) A **Folha de Respostas** com a identificação do aluno encontra-se na última página deste caderno e deverá ser entregue no final da prova.
- 05) A duração desta prova é de **quatro** horas, devendo o aluno permanecer na sala por, **no mínimo, noventa minutos**.
- 06) É vedado o uso de quaisquer tipos de calculadoras e telefones celulares.

**Dados:** constante gravitacional  $10 \text{ m/s}^2$ , densidade da água  $10^3 \text{ kg/m}^3$ ,  $\pi=3$ , velocidade da luz no vácuo  $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ , constante de Planck  $6,6 \times 10^{-34} \text{ J.s}$ ,  $\log 2 = 0,3$

O texto a seguir se refere às questões 1 e 2.

Uma usina hidrelétrica aproveita o potencial hidráulico existente nos rios para a geração de energia elétrica. Esse potencial hidráulico pode ser criado pela ação da vazão de um rio combinada com os desníveis no relevo em que ele atravessa. Quanto maior for o volume de água e quanto maior sua queda, maior é seu potencial de aproveitamento na geração de eletricidade. O sistema de captação leva a água até a casa de força onde estão instaladas turbinas. A água provoca, no interior das turbinas, o movimento de rotação de bobinas que, na presença de um campo magnético, geram eletricidade. Em 2012 a Central Hidroelétrica de Itaipu, com suas 20 turbinas e  $1350 \text{ km}^2$  de área inundada, gerou 100000 GWh de energia elétrica, sendo parte dessa energia para o mercado brasileiro e parte para o mercado paraguaio. O volume de água necessário para acionar cada uma das turbinas da Central Hidroelétrica de Itaipu é de cerca de  $700 \text{ m}^3$  a cada segundo partindo de um desnível médio de 120 m. A figura mostra um diagrama simplificado de uma hidrelétrica.



1. Qual é a eficiência da usina de Itaipu supondo que durante o ano, na média, apenas 17 turbinas estejam funcionando?

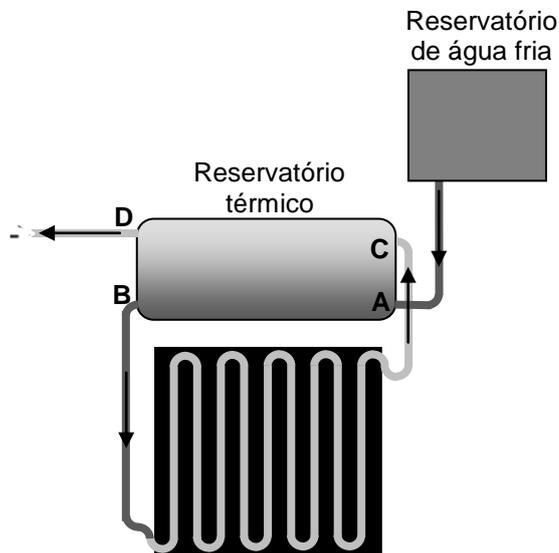
- (a) 50%    (b) 60%    (c) 70%    (d) 80%    (e) 90%

2. O duto de captação de água é cônico, o desnível,  $H$ , é de 100 m e a água na entrada do duto, em A, tem velocidade de 0,5 m/s. Qual deve ser a razão entre as áreas das seções circulares da entrada, A, e saída, B, do duto para que a diferença de pressão entre A e B seja nula? Desprezar todas as perdas hidráulicas no duto.

- (a) 1    (b) 3    (c) 5    (d) 9    (e) 12

O texto a seguir se refere às questões de 3 a 5.

A energia solar média por unidade de tempo por unidade de área que atinge a superfície atmosférica da Terra é aproximadamente  $1367 \text{ J/sm}^2$ . Parte dessa energia é refletida na atmosfera e parte é absorvida. Em média apenas 40% dessa energia de fato atinge a superfície da Terra. A figura mostra um coletor residencial usado para aquecer água. A energia solar é coletada por placas pintadas de preto. Embaixo das placas é instalada uma serpentina de tubos de cobre onde circula água. A água aquecida na serpentina tem densidade menor que a água fria e, portanto, sobe espontaneamente para o topo do reservatório. Com isso, as partes frias, mais densas, passam a ocupar a serpentina do coletor solar, de onde também sairão quando estiverem suficientemente quentes (menos densas). Normalmente o reservatório térmico ("boiler") é um recipiente cilíndrico e termicamente isolado.



Os fabricantes deste tipo de sistema de aquecimento garantem que a eficiência pode chegar a 60%.

3. A radiação do sol viaja a velocidade da luz e leva aproximadamente 8 minutos para chegar à Terra. De acordo com este dado qual é, aproximadamente, a potência de radiação do sol?

- (a)  $1,5 \times 10^{14} \text{ W}$     (b)  $6,0 \times 10^{14} \text{ W}$     (c)  $3,0 \times 10^{15} \text{ W}$     (d)  $1,0 \times 10^{20} \text{ W}$     (e)  $4,0 \times 10^{26} \text{ W}$

4. Suponha que o "boiler" tenha a forma de uma caixa cúbica de 80 cm de aresta e que o isolamento térmico seja feito com uma camada de 5,0 cm de poliuretano com condutividade térmica de  $0,025 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$  em cada uma de suas faces. Se, ao final de um dia ensolarado, a água dentro do "boiler" está a  $80^\circ\text{C}$  e a temperatura externa é de  $20^\circ\text{C}$ , que quantidade de calor é, aproximadamente, perdida na primeira hora?

- (a) 2,0 J    (b) 10 J    (c) 3,0 kJ    (d) 12 kJ    (e) 24 kJ

5. Coletores solares residenciais elevam a temperatura da água até  $80^\circ\text{C}$ . Se desejarmos que a água para um banho tenha a temperatura de  $30^\circ\text{C}$  devemos misturar água à temperatura ambiente, a qual provém do reservatório frio. Se a temperatura do reservatório frio está a  $25^\circ\text{C}$ , qual é a razão entre água quente e água fria na mistura?

- (a) 0,1    (b) 0,2    (c) 0,5    (d) 0,6    (e) 0,7

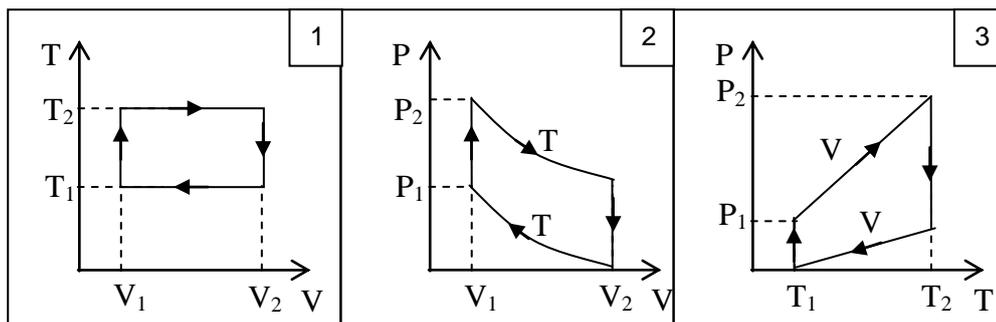
O texto a seguir se refere às questões de 6 a 8.

Uma utilização dos coletores solares é a produção de eletricidade. De acordo com a segunda lei da termodinâmica, a eficiência de conversão de calor em trabalho está limitada pelas temperaturas do reservatório quente e da fonte fria. Para aumentarmos a eficiência na conversão devemos diminuir a temperatura da fonte fria, a qual está limitada pela temperatura do meio ambiente, ou aumentar a temperatura do reservatório de calor. Temperaturas muito acima de  $100^\circ\text{C}$  são difíceis de serem alcançadas apenas com as placas dos coletores solares. Uma maneira de se aumentar a temperatura do reservatório quente usando somente a radiação solar é concentrando-a numa pequena região do espaço. Deseja-se usar o coletor solar para produzir vapor para girar uma turbina e, com isso, produzir energia elétrica. Para isso, é necessário concentrar os raios solares numa pequena região e aquecer um fluido até seu ponto de ebulição. Isso tem

sido feito em usinas termossolares através de um conjunto de espelhos parabólicos que focam a luz solar num ponto elevando a temperatura de um fluido até 400°C. O calor desse fluido é transferido para uma caldeira vaporizando água. O vapor em alta pressão movimenta uma turbina acoplada a um gerador de energia elétrica. Esse processo é feito através do ciclo Stirling composto das seguintes transformações:

- uma fonte de calor externa aquece o gás enquanto este se expande a fim de que sua temperatura permaneça constante
- o calor é retirado do gás isocoricamente
- o gás é refrigerado enquanto seu volume diminui para que sua temperatura não aumente
- o gás é aquecido isocoricamente até a temperatura inicial
- E o ciclo recomeça.

6. Qual(is) diagrama(s) abaixo representa(m) o ciclo Stirling para um gás ideal?

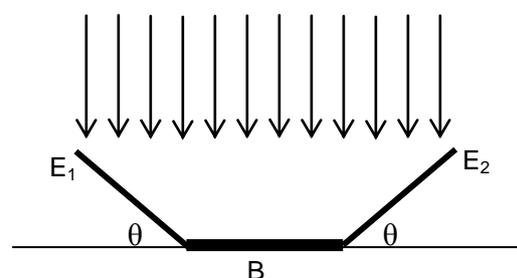


- (a) todos (b) somente 1 (c) somente 1 e 2 (d) somente 2 e 3 (e) somente 2

7. Qual é, aproximadamente, a eficiência máxima que pode ser alcançada quando a fonte fria está a 27°C e o reservatório quente está a 327°C?

- (a) 5% (b) 30% (c) 40% (d) 50% (e) 90%

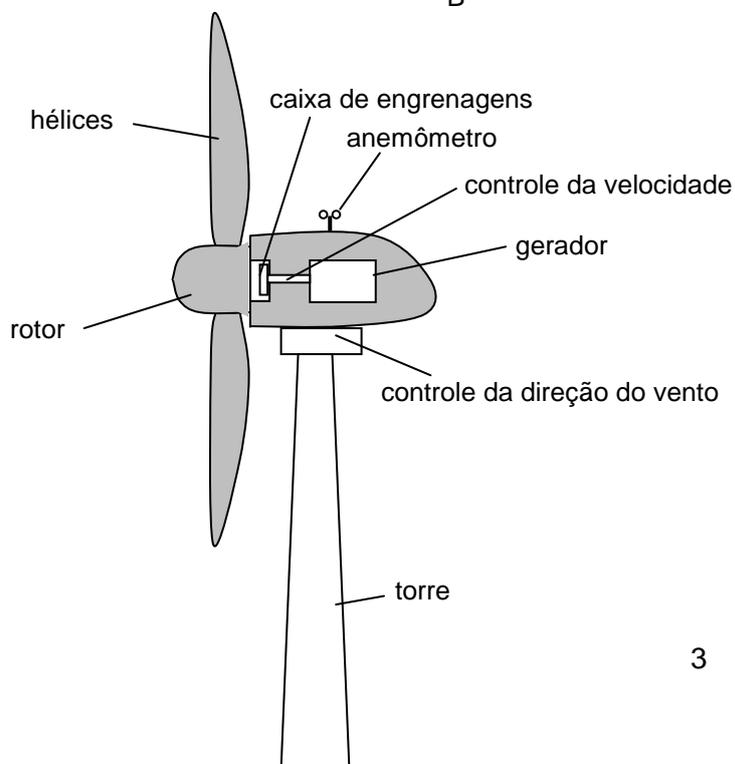
8. A figura mostra uma versão simplificada da “Kyoto Box” que se trata de uma caixa cúbica com refletores usada como forno solar. Nesta a caixa cúbica é substituída pelos refletores (espelhos planos –  $E_1$  e  $E_2$ ) de comprimento  $L$ , uma base (B) de comprimento  $L$  e que a luz esteja incidindo diretamente nos refletores e na base. Qual deve ser o ângulo  $\theta$  de inclinação dos refletores para que toda luz que incida neles seja direcionada para a base B?



- (a) 30° (b) 45° (c) 55° (d) 60° (e) 75°

O texto a seguir se refere às questões de 9 a 12.

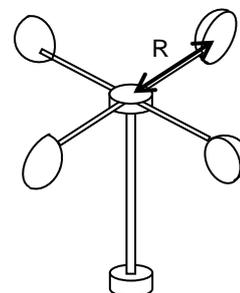
Uma turbina eólica, ou aerogerador, é capaz de converter a energia cinética do deslocamento da massa de ar (vento) em energia elétrica. Embora seja um conceito bastante antigo, esse tipo de equipamento tem se tornado bastante popular no mundo moderno por gerar eletricidade a partir de uma fonte de energia renovável. Cálculos teóricos mostram que a potência produzida pelo vento que sopra com velocidade  $v$  e perpendicularmente a uma região de área  $A$  é dada por  $P = \frac{1}{2} \rho A v^3$ . Nem toda energia fornecida pelo movimento do ar pode ser convertida em energia elétrica pelo aerogerador. A



razão entre a energia fornecida e a energia produzida é chamada eficiência. Para as questões a que se refere este texto, considere que a densidade do ar é  $1,2 \text{ kg/m}^3$ , sua velocidade é de  $6 \text{ m/s}$ , que o comprimento de cada hélice é  $50 \text{ m}$  e a eficiência da turbina é igual a  $60\%$ .

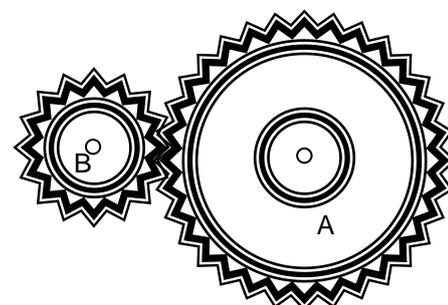
9. A figura ao lado mostra o anemômetro, instalado num aerogerador, usado para medir a velocidade do vento. Se o anemômetro tem  $R=60 \text{ cm}$  e executa 250 rotações em um minuto, qual é a velocidade do vento?

- (a)  $5,0 \text{ m/s}$
- (b)  $8,0 \text{ m/s}$
- (c)  $10 \text{ m/s}$
- (d)  $12 \text{ m/s}$
- (e)  $15 \text{ m/s}$



10. O rotor do aerogerador gira a engrenagem A com uma aceleração angular constante de  $4 \text{ rad/s}^2$ . O raio da engrenagem A é o triplo do raio da engrenagem B. Se a engrenagem B está inicialmente girando a  $20 \text{ rad/s}$ , determine a velocidade angular da engrenagem B após  $2 \text{ s}$ .

- (a)  $44,0 \text{ rad/s}$
- (b)  $48,3 \text{ rad/s}$
- (c)  $32,0 \text{ rad/s}$
- (d)  $24,0 \text{ rad/s}$
- (e)  $5,7 \text{ rad/s}$



11. Durante uma rajada de vento as hélices de uma turbina eólica são aceleradas com aceleração angular constante de  $0,45 \text{ rad/s}^2$ . Qual é razão entre o módulo da aceleração centrípeta e o módulo da aceleração tangencial de um ponto na extremidade da hélice após esta completar 2 voltas se inicialmente as hélices têm velocidade angular de  $5 \text{ rad/s}$ ?

- (a) 80      (b) 60      (c) 40      (d) 20      (e) 10

12. Uma reclamação constante de moradores próximos a usinas eólicas tem sido o nível de ruídos de baixa frequência causados pelas turbinas principalmente em áreas onde outros tipos de ruídos estão ausentes. Um fabricante de turbinas eólicas garante que a uma distância de  $300 \text{ m}$  uma de suas grandes turbinas gera menos de  $50 \text{ dB}$ , comparando esse nível de ruído com o ruído produzido por um ar condicionado ou por um refrigerador. Qual é o nível de ruído quando uma segunda turbina dessas for instalada? Suponha que as residências estejam aproximadamente equidistantes às duas turbinas.

- (a)  $100 \text{ dB}$       (b)  $87 \text{ dB}$       (c)  $65 \text{ dB}$       (d)  $56 \text{ dB}$       (e)  $53 \text{ dB}$

13. A maior parte da energia produzida pelo sol é devido a:

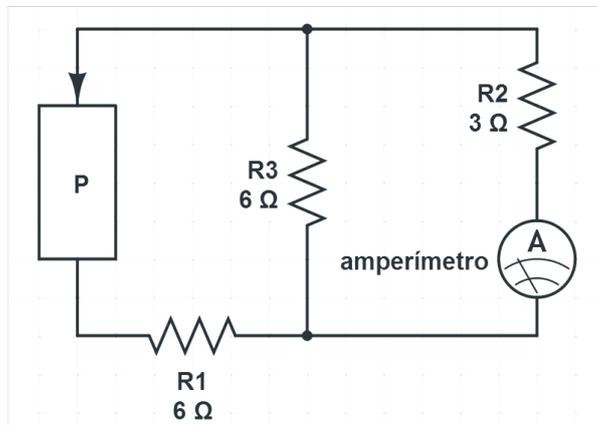
- (a) fissão nuclear
- (b) fusão nuclear
- (c) reação química
- (d) atração gravitacional
- (e) força eletromotriz associada à variação do fluxo do campo magnético

14. Luz com comprimento de onda de 500 nm com intensidade de  $400 \text{ W/m}^2$  incide normalmente sobre um conjunto de células fotovoltaicas. Qual é o número de fótons por segundo que atingem este conjunto se ele é quadrado com lado medindo 10 cm de comprimento?

- (a)  $10^5$     (b)  $10^9$     (c)  $10^{12}$     (d)  $10^{16}$     (e)  $10^{19}$

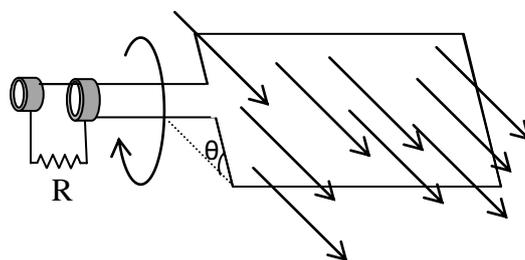
15. A tensão elétrica de uma célula fotovoltaica típica é da ordem de 0,5 V. Considerando que o painel solar P indicado na figura é composto por 36 células, a potência dissipada pelo resistor R1 e o valor indicado pelo amperímetro são aproximadamente iguais a:

- (a) 15 W e 1,5 A  
 (b) 20 W e 0,75 A  
 (c) 20 W e 2,25 A  
 (d) 30 W e 0,75 A  
 (e) 30 W e 1,5 A



O texto a seguir se refere às questões de 16 a 18.

O princípio básico de geração de energia elétrica a partir de uma ação mecânica (conversor eletromecânico) está ilustrado na figura ao lado. Considere uma bobina plana com N espiras de área A feitas com fio condutor. Um agente externo deve aplicar um torque motor na bobina para fazê-la girar. Quando a espira está girando com velocidade angular  $\omega$  constante (torque motor se iguala ao torque resistivo) na presença de um campo magnético, B, também constante, uma força eletromotriz é induzida na espira. A origem dessa força eletromotriz é a variação temporal do fluxo do campo magnético através da bobina. O fluxo do campo magnético é dado por  $\phi = NBA \cos \omega t$  e a força eletromotriz é  $\epsilon = NBA\omega \sin(\omega t)$ . Deseja-se construir um gerador que produza uma tensão alternada com pico de 120 V. Dispõe-se de magnetos que podem produzir um campo magnético aproximadamente constante de 1,6 T, de 250 m de fio de cobre calibre 12, diâmetro de 2 mm e resistividade  $1,7 \times 10^{-8} \Omega \text{m}$ , para construir uma bobina.



16. Como é conhecida a lei física que garante que a condição necessária e suficiente para que uma força eletromotriz seja induzida num circuito é a existência de fluxo magnético variável no tempo?

- (a) Lei de Ampère    (b) Lei de Faraday    (c) Lei de Maxwell    (d) Lei de Fourier    (e) Lei de Biot-Savart

17. A bobina pode ser quadrada ou circular. Para uma determinada frequência, qual é a razão entre o lado da bobina quadrada e o raio da bobina circular?

- (a) 1,0    (b) 2,0    (c) 2,5    (d) 3,0    (e) 3,5

18. Supondo que a bobina seja circular com 10 cm de raio, qual é a frequência mínima da tensão gerada?

- (a) 6,0 Hz    (b) 3,0 Hz    (c) 1,0 Hz    (d) 0,7 Hz    (e) 0,3 Hz

O texto a seguir se refere à questão 19 e 20.

Algumas fontes de energia renováveis como o vento e o sol possuem um potencial energético muito grande, mas pelo fato de estarem sujeitas a fatores não controláveis o fornecimento de energia pode não ser estável, estando sujeito a variabilidade. Tão importante quanto o aumento da eficiência de máquinas conversoras de energia são os sistemas de armazenamento dessas energias. Como o vento não sopra continuamente e o sol não brilha todos os dias da mesma maneira, alguns mecanismos devem ser desenvolvidos para armazenar energia e suprir essa variabilidade. Uma forma de armazenar energia mecânica, a qual pode ser convertida em energia elétrica, é através das *flywheels*. Basicamente uma *flywheel* consiste de um rotor que gira a uma velocidade alta. Uma *flywheel* moderna utiliza matérias de fibra de carbono e os rotores giram no vácuo em torno de um eixo que é suportado através de levitação magnética para evitar perdas através do atrito. Se a geração de energia for elevada, pode-se usar parte dessa energia para fazer o rotor girar. À medida que se necessita de energia para suprir certas variações na geração pode-se converter a energia cinética de rotação do rotor em energia elétrica. Outra maneira de armazenar energia é usar a energia produzida excedente para bombear gás a alta pressão para um tanque grande. Quando a energia armazenada for necessária, basta liberar o gás comprimido e produzir energia elétrica através de turbinas. Alguns países estão usando estruturas geológicas vazias como minas abandonadas ou grandes cavernas para o armazenamento.

19. Uma *flywheel* pode ser usada para evitar o desperdício de energia cinética quando um veículo freia. Alguns especialistas sugerem que cerca de 50% da energia cinética inicial de um veículo de 2500 kg poderia ser armazenada quando esta diminui sua velocidade de 12 m/s até o repouso. Supondo que essa *flywheel* seja um disco de raio 0,60 m, de espessura 0,10 m e feita de aço, com densidade de  $7,4 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ , qual a velocidade angular em rad/s que ela deveria ter para alcançar os dados sugeridos pelo especialista? Dado: o momento de inércia de um disco de raio R e massa m é  $mR^2/2$ .

- (a) 5
- (b) 10
- (c) 15
- (d) 20
- (e) 25

20. Que quantidade de energia pode ser armazenada numa câmara de  $500000 \text{ m}^3$  de volume se o ar for comprimido de  $1 \times 10^5 \text{ Pa}$  até  $50 \times 10^5 \text{ Pa}$  à temperatura constante? Considere o ar como gás ideal.

- (a)  $2,5 \times 10^4 \ln(50) \text{ GJ}$
- (b)  $2,5 \times 10^2 \ln(50) \text{ MJ}$
- (c)  $2,5 \times 10^7 \ln(50) \text{ kJ}$
- (d)  $2,5 \times 10^5 \ln(50) \text{ GJ}$
- (e)  $2,5 \times 10^5 \ln(50) \text{ MJ}$

**OLIMPÍADA BRASILEIRA DE FÍSICA**  
**FOLHA DE RESPOSTAS NÍVEL III – ENSINO MÉDIO**  
**Alunos do 3ª série e 4ª (ensino técnico)**

**PREENCHER USANDO LETRA DE FORMA**

NOME: \_\_\_\_\_

FONE P/CONTATO: (\_\_\_\_) \_\_\_\_\_ E-MAIL: \_\_\_\_\_

ESCOLA: \_\_\_\_\_

MUNICÍPIO: \_\_\_\_\_ ESTADO: \_\_\_\_\_

ASSINATURA: \_\_\_\_\_

questão	alternativa				
	a	b	c	d	e
01					
02					
03					
04					
05					
06					
07					
08					
09					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					