

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.



OLIMPÍADA BRASILEIRA DE FÍSICA 2014

1ª FASE – 22 de maio de 2014

NÍVEL II

Ensino Médio - 1ª e 2ª séries



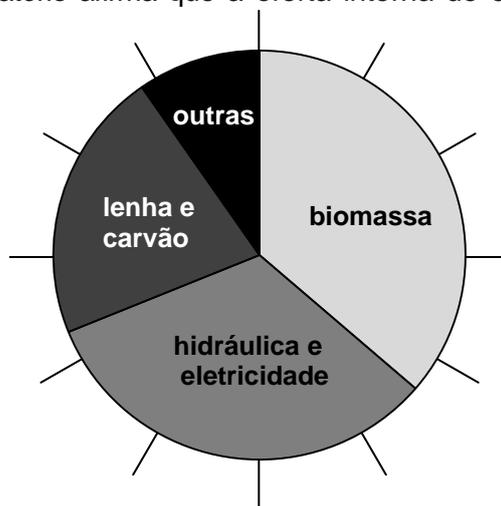
FONTES RENOVÁVEIS DE ENERGIA

LEIA ATENTAMENTE AS INSTRUÇÕES ABAIXO:

- 01) Esta prova destina-se exclusivamente a alunos das 1ª e 2ª séries do ensino médio. Ela contém **vinte e cinco** questões.
 - 02) Os alunos da **1ª série** devem escolher livremente **vinte** questões para resolver.
 - 03) Os alunos da **2ª série** devem responder **vinte** questões, **excetuando** as questões **01, 02, 03, 04 e 05**.
 - 04) Cada questão contém cinco alternativas, das quais apenas uma é correta.
 - 05) A alternativa julgada correta deve ser assinalada na **Folha de Respostas**.
 - 06) A **Folha de Respostas** com a identificação do aluno encontra-se na última página deste caderno.
 - 07) A duração desta prova é de **quatro** horas, devendo o aluno permanecer na sala por, **no mínimo, noventa minutos**.
 - 08) É vedado o uso de quaisquer tipos de calculadoras e telefones celulares.
- Dados:** constante gravitacional 10 m/s^2 , densidade da água 10^3 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 de 1 a 3.

A Empresa de Pesquisa Energética (EPE), ligada ao Ministério de Minas e Energia, divulgou seu relatório anual sobre o balanço energético brasileiro, ano base 2012. O relatório afirma que a oferta interna de energia (OIE) aumentou 11,3 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep – $1\text{M}=10^6$), anotando uma taxa de crescimento de 4,1% e atingindo 283,6 Mtep. Segundo o relatório, a oferta de energia interna é composta de 42,4% de energias renováveis distribuídas como mostra o gráfico ao lado. O relatório também afirma que no ano de 2012 o Brasil consumiu aproximadamente 500 TWh ($1\text{T}=10^{12}$) de energia elétrica. O texto se refere à unidade de energia como tep (tonelada equivalente de petróleo). Segundo a Agência Internacional de Energia, esta unidade corresponde à energia gerada por uma tonelada de petróleo e é equivalente a 11630 kWh.



1. (exclusiva da 1ª série) Baseando-se no texto e na figura mostrada, estime que porcentagem de energia oferecida provém da lenha e carvão?

- (a) 4% (b) 9% (c) 15% (d) 25% (e) 30%

2. **(exclusiva da 1ª série)** Qual das alternativas apresenta apenas fontes de energias consideradas renováveis?

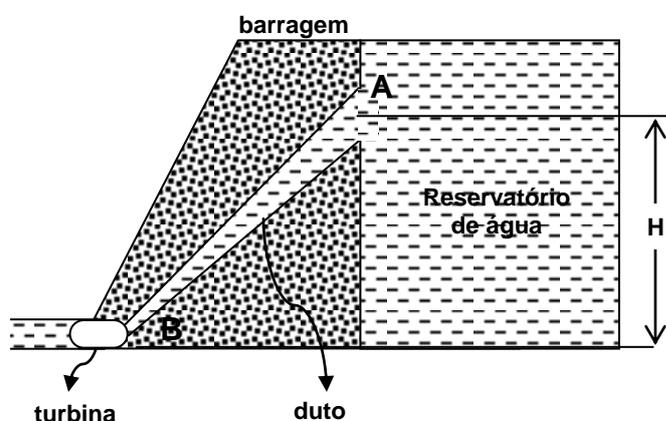
- (a) sol, gás natural, biomassa
- (b) ondas do mar, carvão mineral, vento
- (c) sol, urânio, rios e lagos
- (d) marés, biocombustíveis, calor da Terra
- (e) biomassa, maré, urânio

3. **(exclusiva da 1ª série)** Qual das alternativas abaixo mais se aproxima do número de barris de petróleo que deveriam ser usados para gerar a quantidade de energia produzida em Itaipu em 2012? Dados: volume de um barril de petróleo ≈ 160 L e densidade do petróleo $\approx 0,8$ kg/L.

- (a) 7×10^2
- (b) 7×10^5
- (c) 7×10^7
- (d) 7×10^{10}
- (e) 7×10^{15}

O texto a seguir se refere às questões 4 e 5.

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.



4. **(exclusiva da 1ª série)** A usina de Itaipu é atualmente a segunda maior usina hidrelétrica do mundo em geração de energia elétrica. Com 20 unidades geradoras ela fornece cerca de 17,3% da energia consumida no Brasil e 72,5% do consumo paraguaio. Cada unidade tem uma vazão de aproximadamente $600 \text{ m}^3/\text{s}$ e altura 120 m. Com base nessas informações, qual seria a potência total da usina de Itaipu se a eficiência no processo fosse 100%?

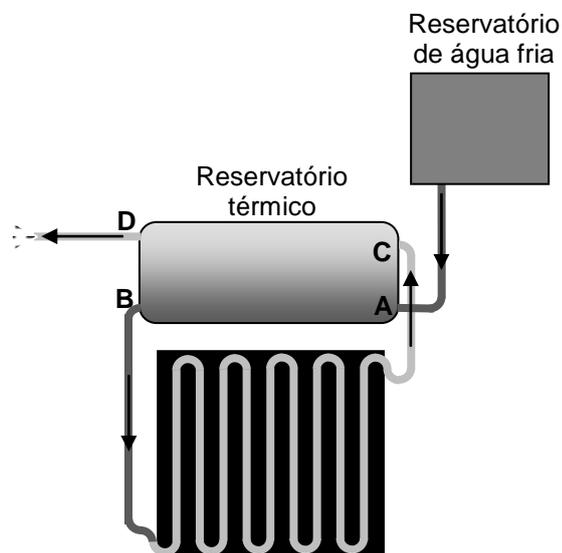
- (a) 700 MW
- (b) 1000 MW
- (c) 14400 MW
- (d) 18500 MW
- (e) 20000 MW

5. **(exclusiva da 1ª série)** Num processo de conversão de energia a eficiência nunca é 100%. Em 2012 a Central Hidroelétrica de Itaipu gerou 100000 GWh de energia elétrica. Qual é a eficiência da usina de Itaipu supondo que durante o ano todas as 20 turbinas funcionaram ininterruptamente?

- (a) 98%
- (b) 80%
- (c) 67%
- (d) 50%
- (e) 30%

O texto a seguir se refere às questões de 6 a 10.

A energia solar média por unidade de tempo por unidade de área que atinge a superfície atmosférica da Terra é aproximadamente $1367 \text{ J}/\text{sm}^2$. 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%.

6. A radiação do sol viaja a velocidade da luz e leva aproximadamente 8 minutos para chegar à Terra. De acordo com esse 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) $4,0 \times 10^{26} \text{ W}$

7. Suponha que o “boiler” tenha a forma de uma caixa cúbica de 80 cm de lado 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°C e a temperatura é de 20°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

8. Uma família consome 10 kWh de energia diariamente para aquecer água. Calcule o tempo, em horas, para que essa energia seja coletada com área das placas de 10 m^2 .

- (a) 0,050 (b) 0,12 (c) 0,24 (d) 0,50 (e) 1,2

9. Qual deve ser a área dos coletores para elevar a temperatura de 200 L de água de 20°C para 40°C em 1 hora?

- (a) 6 m^2 (b) 10 m^2 (c) $3,5 \text{ m}^2$ (d) 100 m^2 (e) 60 m^2

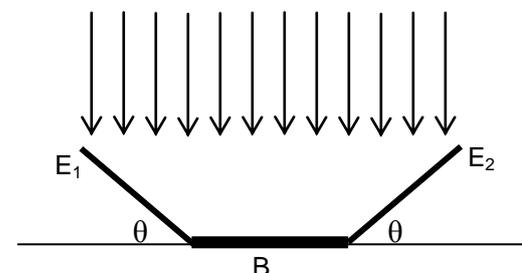
10. Coletores solares residenciais elevam a temperatura da água até 80°C . Se desejarmos que a água para um banho tenha a temperatura de 30°C devemos misturar água à temperatura ambiente, a qual provém do reservatório frio. Se a temperatura do reservatório frio está a 25°C , qual é a razão entre água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

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

11. Para aquecer 500 ml de água a 25°C , um estudante construiu um forno solar simples utilizando uma caixa de isopor de 30 cm x 40 cm fechada com uma tampa de vidro e forrada internamente com papel alumínio. Supondo que os raios solares incidam perpendicularmente à tampa de vidro e que toda a energia incidente na tampa do forno a atravesse e seja absorvida pela água, quanto tempo aproximadamente será necessário para aquecer a água até 100°C ? Use a potência solar incidente na superfície da Terra: 1 kW/m^2 .

- (a) 5 min (b) 10 min (c) 18 min (d) 22 min (e) 40 min

12. A figura mostra uma versão simplificada da “Kyoto Box” que se trata de uma caixa cúbica com refletores usada como forno solar. Nesta versão 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 θ de inclinação dos refletores para que toda luz que incida neles seja direcionada para a base B?



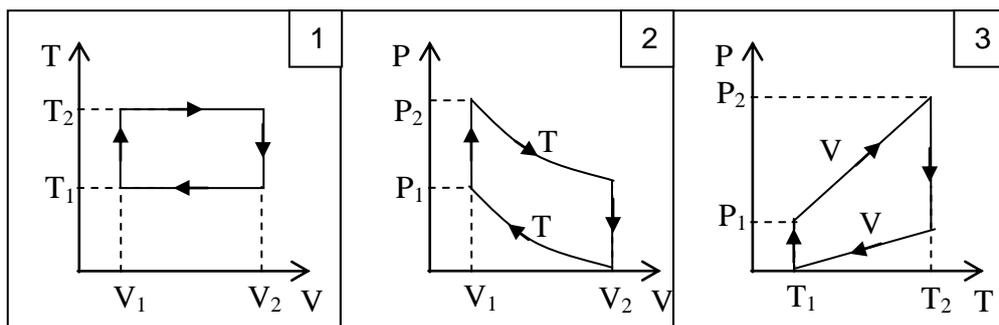
- (a) 30° (b) 45° (c) 55° (d) 60° (e) 75°

O texto a seguir se refere às questões de 13 a 15.

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°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 movimentava 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.

13. 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

14. 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 ?

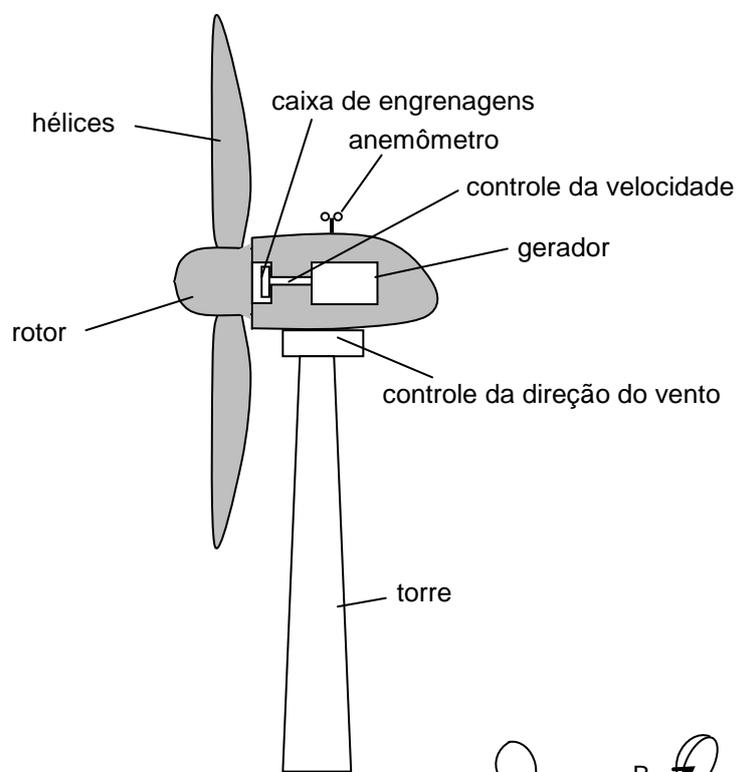
- (a) 5% (b) 30% (c) 40% (d) 50% (e) 90%

15. A calha parabólica é um sistema eficiente de concentração da luz solar dotado de um refletor parabólico que concentra a radiação solar em um coletor localizado no _____ da parábola. Ela se move de modo que os raios solares incidam, aproximadamente, sempre na direção do seu eixo de simetria e seu princípio de funcionamento nos remete ao espelho _____. Assinale a alternativa que completa as lacunas no texto.

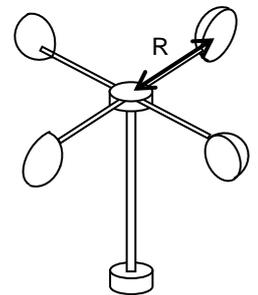
- (a) centro de curvatura; plano
 (b) centro de curvatura; esférico convexo
 (c) centro de Curvatura; esférico côncavo.
 (d) foco; espelho convexo
 (e) foco; espelho côncavo

O texto a seguir se refere às questões de 16 a 21.

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 $1,2 \text{ kg/m}^3$, a eficiência da turbina seja de 60% e o comprimento de cada hélice é 50 m.

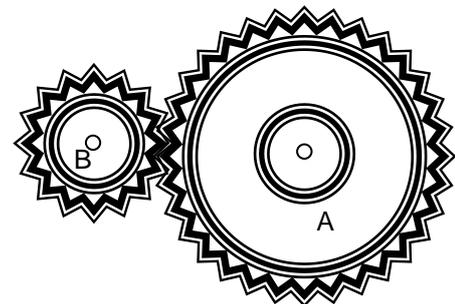


16. A figura ao lado mostra o anemômetro, instalado num aerogerador, usado para medir a velocidade do vento. Se o anemômetro tem $R = 60 \text{ cm}$ e executa 250 rotações em um minuto, qual é a velocidade do vento?



- (a) 5,0 m/s (b) 8,0 m/s (c) 10 m/s (d) 12 m/s (e) 15 m/s

17. O gerador elétrico de uma turbina eólica deve trabalhar em altas velocidades. Sendo assim, muitos aerogeradores têm instalado em seu corpo um sistema de engrenagens para multiplicar a velocidade do eixo do rotor. Esse sistema fica posicionado na caixa de engrenagens. A figura mostra um sistema de transmissão simples. Para se dobrar a velocidade do eixo do gerador devemos:



- (a) ligar o eixo do rotor em A e o eixo do gerador em B com o raio de A o dobro do raio de B.
 (b) ligar o eixo do rotor em B e o eixo do gerador em A com o raio de A o dobro do raio de B.
 (c) ligar o eixo do rotor em A e o eixo do gerador em B com o raio de B o quádruplo do raio de A.
 (d) ligar o eixo do rotor em B e o eixo do gerador em A com o raio de B o quádruplo do raio de A.
 (e) necessariamente usar três engrenagens

18. Suponha que a engrenagem A tem uma aceleração angular constante de 4 rad/s^2 e o triplo do raio da engrenagem B. Se a engrenagem B está inicialmente girando a 20 rad/s , determine a velocidade angular da engrenagem B após 2 s.

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

19. Supondo que a turbina eólica do texto seja capaz de produzir 6000 J de energia elétrica, qual é a energia cinética das partículas de ar que entram na região frontal às hélices?

- (a) 60 kJ (b) 50 kJ (c) 30 kJ (d) 20 kJ (e) 10 kJ

20. Durante uma rajada de vento as hélices de uma turbina eólica são aceleradas com aceleração angular de $0,45 \text{ rad/s}^2$. Qual é a velocidade de um ponto na extremidade da hélice após esta completar 2 voltas se inicialmente a velocidade angular é de 5 rad/s ?

- (a) 200 m/s (b) 350 m/s (c) 300 m/s (d) 250 m/s (e) 200 m/s

21. 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 m uma de suas grandes turbinas gera menos de 50 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 dB (b) 87 dB (c) 65 dB (d) 56 dB (e) 53 dB

O texto a seguir se refere às questões 22 e 23.

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.

22. Uma *flywheel* roda num rolamento o qual exerce um torque resistivo constante de 12 Nm. Um torque externo de 36 Nm atua na *flywheel* por 15 s fazendo a velocidade angular aumentar de zero a 60 rad/s. Calcule quanto tempo leva a *flywheel* para atingir o repouso.

- (a) 35 s (b) 45 s (c) 60 s (d) 90 s (e) 105 s

23. 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 está 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

24. 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. Que quantidade de energia pode ser armazenada numa câmara de 500000 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) $2,5 \times 10^5 \ln(50) \text{ MJ}$

25. Materiais semicondutores, como o silício, são usados na fabricação de células fotovoltaicas. Para minimizar a reflexão da luz solar as células são, usualmente, cobertas com um filme transparente. A figura mostra o perfil de uma dessas células e os respectivos índices de refração dos materiais usados. Para um comprimento de onda de 600 nm, qual é a menor espessura do filme que produzirá a menor reflexão?

Ar
 $n_{\text{ar}}=1$

Filme $n_{\text{F}}=1,50$
Si $n_{\text{Si}}=3,50$

- (a) 800 nm (b) 400 nm (c) 300 nm (d) 100 nm (e) 50nm

OLIMPÍADA BRASILEIRA DE FÍSICA
FOLHA DE RESPOSTAS NÍVEL II – ENSINO MÉDIO
Alunos da 1ª e 2ª série

PREENCHER USANDO LETRA DE FORMA

NOME: _____

FONE P/CONTATO: (____) _____ E-MAIL: _____

ESCOLA: _____

MUNICÍPIO: _____ ESTADO: _____

ASSINATURA: _____

		alternativa				
	questão	a	b	c	d	e
1ª série	01					
1ª série	02					
1ª série	03					
1ª série	04					
1ª série	05					
	06					
	07					
	08					
	09					
	10					
	11					
	12					
	13					
	14					
	15					
	16					
	17					
	18					
	19					
	20					
	21					
	22					
	23					
	24					
	25					