SIMULADO NOIC
OLIMPÍADA BRASILEIRA DE FÍSICA
3ª Fase - 4 de fevereiro de 2023

Nível 2
Ensino Médio
1ª e 2ª séries

Escrito por Akira Ito, Gabriel Hemétrio, Lucas Tavares, Vitória Bezerra, Rafael Ribeiro, Matheus Felipe R. Borges, e Ualype de Andrade

LEIA ATENTAMENTE AS INSTRUÇÕES:

1. Esta prova destina-se exclusivamente aos alunos dos **1ª e 2ª séries do nível médio.** Ela contém **doze** questões. Cada questão tem valor de 10 pontos e a prova um total de 80 pontos.

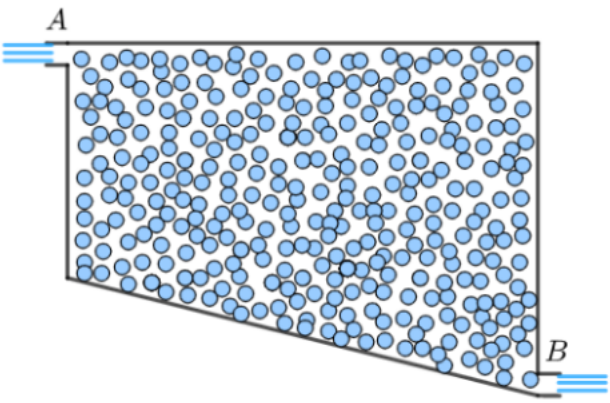
2. Os alunos da 1ª série podem escolher livremente oito questões para responder. Alunos da 2ª série devem responder as oito questões não indicadas como "exclusiva para alunos da 1ª série".

3. Todos os resultados numéricos devem ser expressos em unidades no Sistema Internacional e seguindo as instruções específicas da questão.

4. A duração máxima desta prova é de **quatro** horas.

5. Se necessário, e a menos que indicado ao contrário, use: $\pi = 3,0$; $\sqrt{2} = 1,4$; $\sqrt{3} = 1,7$; $\sqrt{5} = 2,2$; $\text{sen}\,30° = 0,50$; $\cos 30° = 0,85$; $\text{sen}\,45° = \cos 45° = 0,70$; aceleração gravitacional na superfície da terra $g = 10\,\text{m/s}^2$; calor específico da água líquida $c_a = 1\,\text{cal/(g °C)}$; calor latente de fusão do gelo $L = 80\,\text{cal/g}$; $1\,\text{cal} = 4,2\,\text{J}$; densidade da água líquida $\rho = 1,0\,\text{g/cm}^3$.

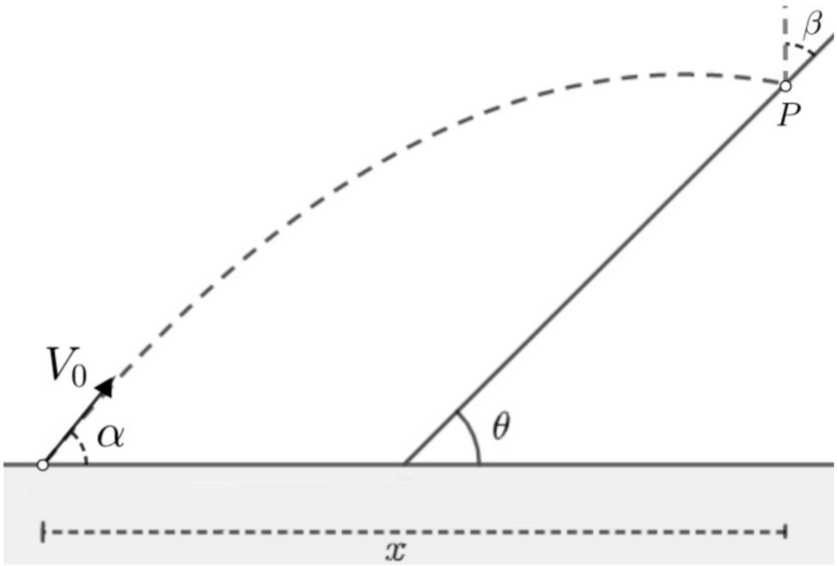
Questão 1. (exclusiva para alunos de 1ª série) Um contêiner especial, tendo um fundo de inclinação constante, possui uma entrada em A e uma saída em B. O recipiente contém uma grande quantidade de gelo a $T_0 = 0,00°$ C. Pela entrada em A, Papeus Philip libera um jato d'água a uma temperatura $T_A = 28,0°$ C e com vazão constante de $r_A = 3,00$ g/s (gramas por segundo). Os espaços entre as pedras de gelo permitem que a água flua normalmente (sem obstruções) até a saída em B. A saída de água é mais larga que a entrada para evitar o acúmulo de água no contêiner. Além disso, as paredes do contêiner podem ser consideradas adiabáticas. Lula Maveres, amigo de Papeus, verifica que a água atravessando a saída do contêiner em B possui temperatura $T_B = 1,00°$ C. Sabendo disso, calcule a vazão r_B, em g/s, da água na saída.



Questão 2. (exclusiva para alunos de 1ª série) Maria Fernanda (MF), uma alta, bela mulher e excelente jogadora de futebol, decide chutar uma bola contra uma rampa inclinada de um ângulo $\theta = 45°$ em relação à horizontal. A bola é chutada por MF com uma velocidade de módulo $V_0 = 20$ m/s, a um ângulo $\alpha = \theta$ com o chão, e atinge a rampa no ponto P, que está a uma distância horizontal $x = 20$ m da jogadora. Ao colidir com a rampa, a componente da velocidade da bola paralela ao plano se mantém, enquanto a componente perpendicular ao plano tem seu sentido invertido.

a) Logo após a colisão, o vetor velocidade da bola faz um ângulo β com a superfície da rampa, como ilustra a figura. Determine, em graus, o ângulo β.

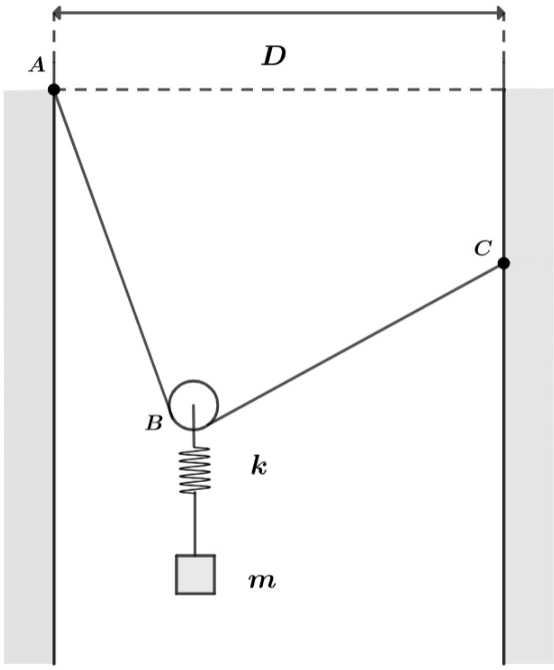
b) Após chocar-se com a rampa, a próxima colisão da bola será com o chão ou novamente com a rampa? Calcule o intervalo de tempo entre os dois primeiros choques da bola com as superfícies.



Questão 3. (exclusiva para alunos de 1ª série) Saindo de seu aras para seu trabalho em Campina Grande, Gabriel Smatico passa por uma grande rodovia de 3 pistas nas quais a velocidade máxima permitida é de $V_3 = 126$ km/h. Nessa situação, os carros devem manter uma distância $d_3 = 70$ m entre si por razões de segurança. Em um triste dia, um grande buraco surgiu na estrada, bloqueando o uso de uma das pistas. Para evitar mais acidentes, foi decretado que a velocidade máxima permitida nas duas pistas operantes seria de $V_2 = 90$ km/h, e os motoristas adotaram uma distância de $d_2 = 50$ m entre si para evitar acidentes.

De volta ao seu aras, Gabriel calculou a razão entre o número máximo de carros que passam pela rodovia a cada hora quando uma das pistas se encontra obstruída e esse número quando todas as pistas estão operantes. Sabendo que todos os carros se movem na velocidade máxima permitida, qual o valor que Gabriel Smatico encontrou? Forneça a sua resposta final em porcentagem.

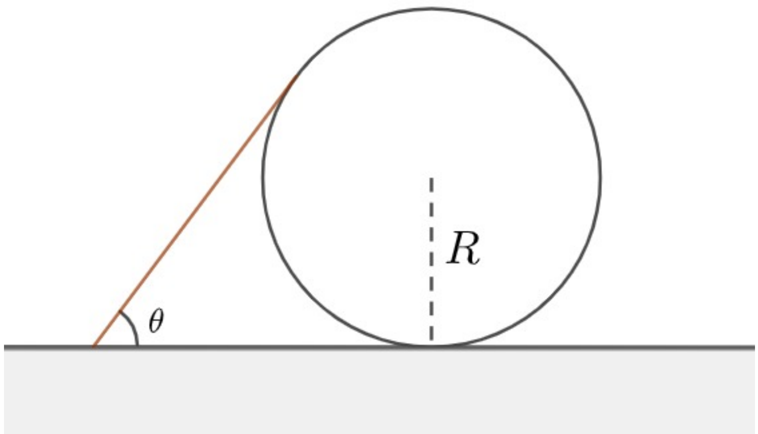
Questão 4. (exclusiva para alunos de 1ª série) Um fio inextensível e de massa desprezível possui $L = 40,0\,\mathrm{m}$ de comprimento. Suas extremidades A e C são presas a dois pontos de paredes paralelas, distantes $D = 20,0\,\mathrm{m}$. A tração no fio tem intensidade de $500\,\mathrm{N}$. O fio passa por uma polia ideal que sustenta, através de uma mola ideal de constante elástica $k = 1,00 \times 10^3\,\mathrm{N/m}$, um corpo de massa m desconhecida. A configuração do equilíbrio está representada na figura a seguir.



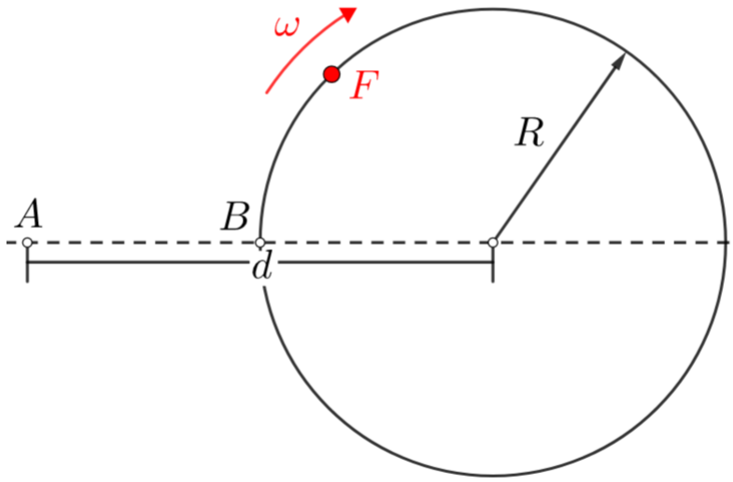
a) Determine o ângulo (em graus) formado entre as partes AB e BC do fio.

b) Determine a elongação da mola Δx e a massa m do corpo.

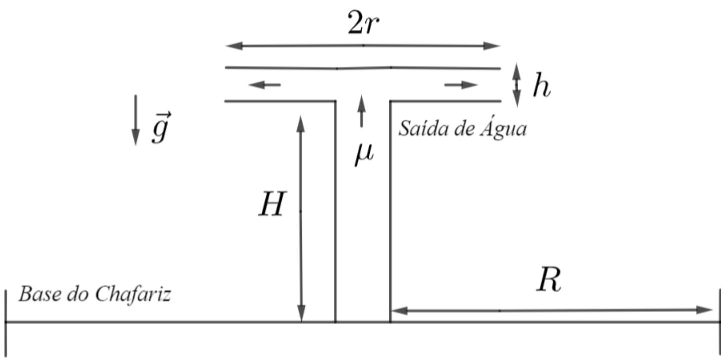
Questão 5. Um graveto de densidade linear de massa $\lambda = 100\ \mathrm{kg/m}$ está em contato com um aro circular de raio $R = 0,500$ m. O graveto faz um ângulo $\theta = 60,0°$ com a horizontal e sua ponta superior é tangente ao aro. Saiba que existe atrito em todos os pontos de contato e assuma que ele seja grande o suficiente para manter o sistema em equilíbrio estático. Determine o valor da força de atrito entre o aro e o chão.



Questão 6. Um avião de brinquedo F se move em uma trajetória circular de raio R em um plano horizontal a uma pequena distância do solo, com velocidade angular constante $\omega = 0{,}300\,\text{rad/s}$ e emitindo um som ininterrupto. Natônio localiza-se em repouso no ponto A, a uma distância $d = 2R$ do centro da circunferência descrita pelo avião. Como o exímio físico que é, Natônio investiga a mudança no som percebido por ele conforme o avião se move. Ele aciona um cronômetro no instante $t = 0$, momento em que o avião passa pelo ponto B. Com o uso de um sensor, ele então capta a frequência do som do avião. Calcule o primeiro instante de tempo t em que a frequência percebida por Natônio é **a)** mínima; **b)** máxima.

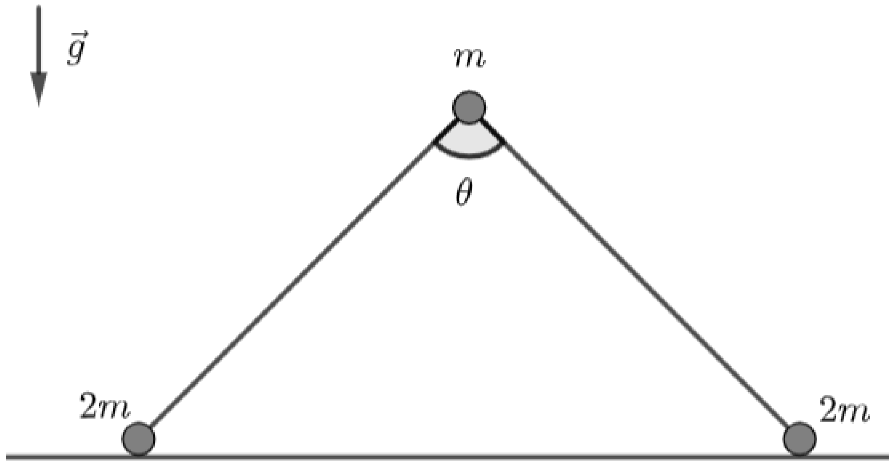


Questão 7. Você já deve ter se deparado com chafarizes em lugares públicos, principalmente em shoppings. Por muito tempo utilizado como um instrumento físico para prover água para pequenas vilas e cidades, o fenômeno por trás do funcionamento de um chafariz é bem interessante e foi muito útil no passado. No contexto atual, o chafariz é utilizado principalmente para decorações e fins artísticos. Nessa questão, iremos trabalhar com um modelo simplificado para o funcionamento de um chafariz do tipo mostrado abaixo, no qual a água expelida toma a forma de um domo, como mostra a figura abaixo à esquerda. Na direita, temos uma esquematização do mecanismo.



No esquema representado, H representa a altura do chafariz. A água é liberada radialmente de um disco de altura h e raio r e é alimentada à uma vazão constante μ. Visando construir um chafariz com as mesmas especificações do enunciado, qual deverá ser o limite inferior para o raio da base R do objeto visando evitar transbordos? Considere $H = 40$ cm, $h = 2$ cm, $r = 5$ cm e $\mu = 400$ mL/s.

Questão 8. Três cilindros de pequeno raio e massas $2m$, m e $2m$ são conectados por duas barras rígidas e inextensíveis de comprimento L, de modo que há uma dobradiça perto do cilindro do meio, permitindo que o ângulo entre as duas barras altere-se livremente. Desprezando quaisquer tipos de atrito e sabendo que o sistema é abandonado do repouso quando as barras estão praticamente verticais (isto é, $\theta = 0$), determine a intensidade da velocidade do cilindro do meio em função do ângulo θ entre as barras.

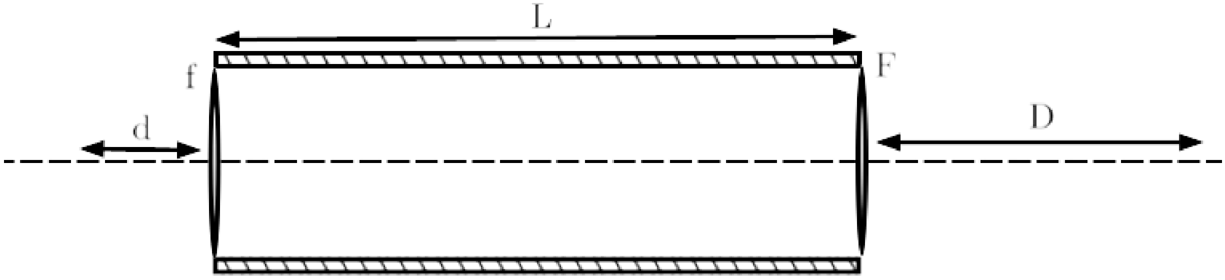


Questão 9. Satoshi estava fazendo uma limpeza em seu quarto quando encontrou um curioso dispositivo óptico composto por duas lentes e um tubo de comprimento $L = 20,0\,\text{cm}$ no seu armário (mostrado na figura abaixo). Depois de estudar o aparelho por um tempo, ele fez as seguintes observações:

1. Se eu coloco uma fonte puntiforme de luz a uma distância $d = 5,00\,\text{cm}$ à esquerda do dispositivo e sobre o eixo óptico das lentes, os raios de luz saem pelo outro lado (à direita) paralelos entre si.

2. Se raios de luz horizontais e paralelos entre si incidem no dispositivo pela esquerda, eles convergem para um ponto sobre o eixo óptico das lentes a uma distância $D = 10,0\,\text{cm}$ à direita do dispositivo.

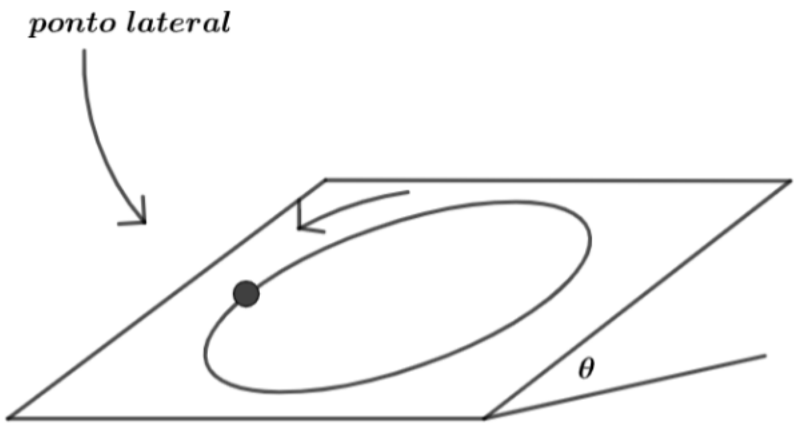
Infelizmente, Satoshi tinha que acabar de limpar seu quarto e não teve tempo para calcular os valores das distâncias focais das lentes. Ajude nosso amigo Satoshi a realizar essa tarefa! Calcule, em cm, as distâncias focais f e F, das lentes à esquerda e à direita da figura, respectivamente.



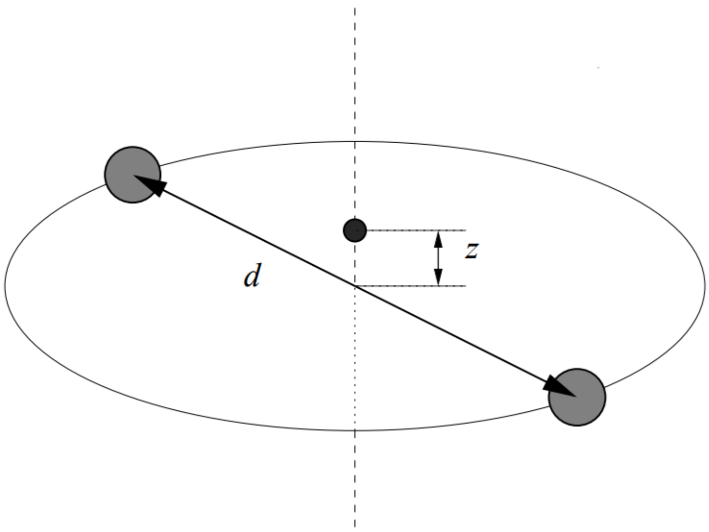
Questão 10. Um jovem físico chamado Biscoitão encontra um grande estacionamento inclinado, onde o ângulo do solo em relação à horizontal é θ. Nela, Biscoitão deseja dirigir no seu carro com velocidade de módulo constante em uma circunferência de raio R. O coeficiente de atrito entre os pneus do carro e o chão do estacionamento vale μ. Escreva as suas respostas em termos dos dados apresentados e da aceleração gravitacional g.

a) Qual é a maior velocidade que o jovem pode ter se quiser evitar deslizamento?

b) Caso Biscoitão esteja preocupado apenas se seu carro escorrega ou não em um dos pontos laterais do círculo (ou seja, a meio caminho entre o topo e a base, como mostra a figura), qual é a maior velocidade que o motorista pode ter?



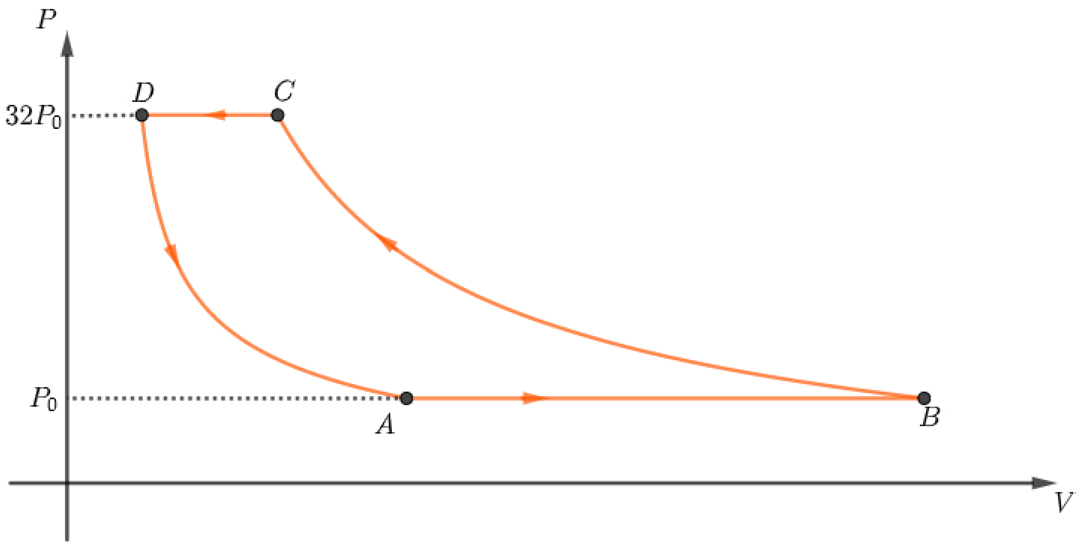
Questão 11. Duas estrelas idênticas, cada uma de massa M e separadas por uma distância d, movem-se ao redor de seu centro de massa comum em uma órbita circular. Um planeta de massa $m \ll M$ move-se ao longo do eixo z, perpendicular ao plano orbital e passando pelo centro de massa. Seja T_S o período orbital das estrelas e T_P o período de pequenas oscilações do planeta em torno de sua posição de equilíbrio. Determine a razão T_S/T_P.



Questão 12. Um estudante perspicaz, Walipe, mora em Chicago, nos Estados Unidos. No último inverno, a cidade de Chicago atingiu a temperatura de $-20\,°C$. Walipe, como sempre esperto, lembrou de suas aulas de física e decidiu criar uma máquina térmica para manter a temperatura de seu quarto a $30\,°C$ (temperatura de sua terra natal). Para isso, ele usou 1 mol de gás hélio que sobrou de sua festa de aniversário.

a) Inicialmente, Walipe, sabendo que a potência necessária para manter o quarto quente é 3 kW, projetou sua máquina para usar a menor quantidade de trabalho possível. Determine, nessas condições, em kW, o valor da potência a ser fornecida à máquina para mantê-la funcionando.

b) Posteriormente, Walipe percebeu que a máquina utilizada não conseguia usar o trabalho mínimo como ele havia planejado. O estudante verificou que, na verdade, ela performava segundo o ciclo termodinâmico mostrado a seguir em um diagrama de pressão por volume. Encontre, em kW, a nova potência necessária para manter a máquina em funcionamento.



Os processos mostrados no diagrama são:

- $A \longrightarrow B$: Expansão isobárica do gás.
- $B \longrightarrow C$: Compressão adiabática do gás.
- $C \longrightarrow D$: Compressão isobárica do gás.
- $D \longrightarrow A$: Expansão adiabática do gás.