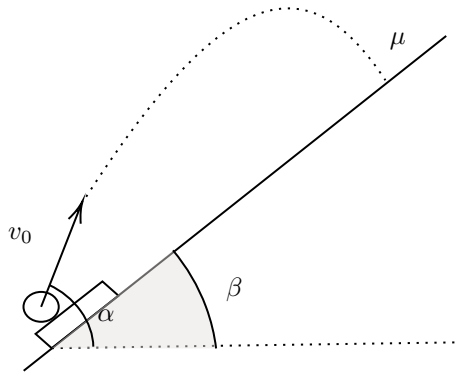
Instruções para a prova:

- Esta prova destina-se exclusivamente aos estudantes do **1o e 2o ano do ensino médio**, e contém 12 questões discurssivas, sendo as 4 primeiras **exclusivas apenas para alunos do 1o ano do Ensino Médio.**
- É vedado o uso de quaisquer calculadoras ou celulares durante a prova
- Essa prova deve ser realizada em um período de 4 horas initerruptas
- A próxima página apresenta uma tabela com as constantes físicas necessárias para a resolução da prova.

Tabela de Constantes

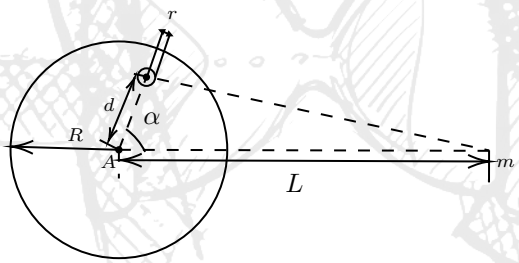
Constante	**Valor**
Velocidade da Luz (c)	$299.792.458\,\mathrm{m/s}$
Constante de Planck (h)	$6,62607015 \times 10^{-34}\,\mathrm{J \cdot s}$
Constante Gravitacional (G)	$6,67430 \times 10^{-11}\,\mathrm{m^3\,kg^{-1}\,s^{-2}}$
Carga do Elétron (e)	$1,602176634 \times 10^{-19}\,\mathrm{C}$
Constante de Boltzmann (k)	$1,380649 \times 10^{-23}\,\mathrm{J/K}$
Número de Avogadro (N_A)	$6,02214076 \times 10^{23}\,\mathrm{mol^{-1}}$
Constante de Rydberg (R_∞)	$1,097373 \times 10^{7}\,\mathrm{m^{-1}}$
Raio do Sol	$696.340\,\mathrm{km}$
Calor Latente da Água	$334.000\,\mathrm{J/kg}$
Calor Sensível da Água	$4.186\,\mathrm{J/g \cdot K}$
Coeficiente de Expansão Linear do Alumínio (α)	$23,1 \times 10^{-6}\,\mathrm{K^{-1}}$
Temperatura de Fusão do Alumínio	$660,32\,^\circ\mathrm{C}$
Constante de Stefan-Boltzmann (σ)	$5,670374419 \times 10^{-8}\,\mathrm{W/m^2\,K^4}$
Massa do Sol	$2 \times 10^{30}\,\mathrm{kg}$
1 Ano luz	$9.5 \times 10^{15}\,\mathrm{m}$

1. (Exclusiva para alunos do 1o ano) Um bloco é lançado ladeira acima sobre a superfície de um plano inclinado de um ângulo β com coeficiente de atrito μ e uma bola é lançada, simultaneamente, sob um ângulo α (β e α medidos em relação à horizontal). Os objetos saem do mesmo local, como mostra a figura.

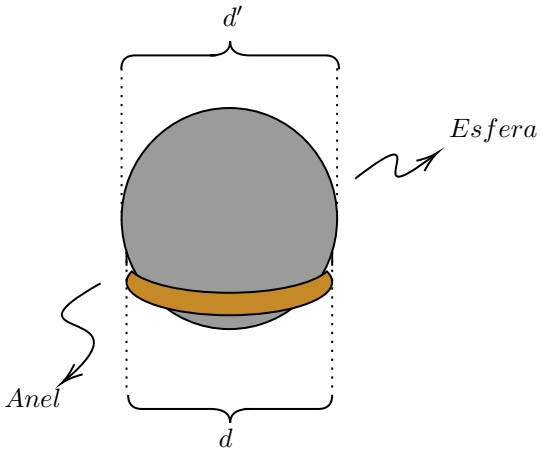


Determine α em função de β e μ para que a bola caia sobre o bloco no instante em que o mesmo atinge a máxima altura no plano.

2. (Exclusiva para alunos do 1o ano) Uma bola do chumbo de raio $R = 50cm$ tem, dentro de si, uma cavidade esférica de raio $r = 5cm$, cujo centro encontra-se à distância $d = 40cm$ do centro da bola. Com que força a bola atrairá um ponto material de massa $m = 10g$, que se encontra a uma distância $L = 80cm$ do centro da bola, se a linha que une o centro da bola e da cavidade forma um ângulo $\alpha = 60^\circ$ com a linha que une o centro da bola com o ponto material?



3. (Exclusiva para alunos do 1o ano) Um anel de cobre de $m = 20g$ tem um diâmetro $d = 1cm$ à temperatura $T_0 = 0°C$, como mostra a figura. Uma esfera de alumínio tem diâmetro $d' = 1,002cm$ a $T_f = 100°C$. A esfera passa pelo anel, exatamente quando o equilíbrio térmico é atingido.



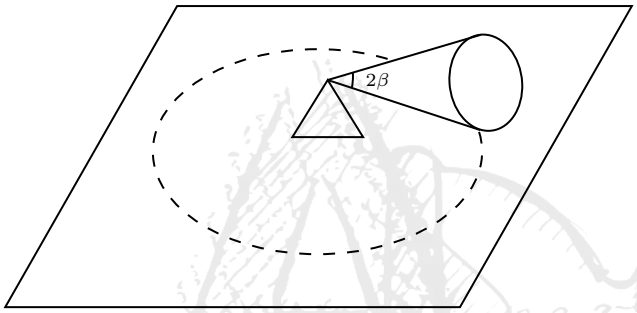
Calcule a massa da esfera, sabendo-se que o coeficiente de dilatação linear do cobre é $\alpha_c =$

$17.10^{-6\circ}C^{-1}$, o calor específico do cobre é $c_c = 0,0923cal/g.^\circ C$, o coeficiente de dilatação linear do alumínio é $\alpha_a = 23.10^{-6\circ}C^{-1}$ e o calor espcífico do alumínio é $c_a = 0,22cal/g.^\circ C^{-1}$.

4. (Exclusiva para alunos do 1o ano) Três turistas, que possuem uma bicicleta, devem chegar ao centro turístico no menor espaço de tempo (o tempo conta-se até que o último turista chegue ao centro). A bicicleta pode transportar apenas duas pessoas e, por isso, o terceiro turista deve ir a pé. Um ciclista leva o segundo turista até um determinado ponto do caminha, de onde este continua a andar a pé e o ciclista regressa para transportar o terceiro. Encontrar a velocidade média dos turistas, sabendo que a velocidade do que vai a pé é $v_1 = 4km/h$ e a do ciclista é $v_2 = 20km/h$

5. Um estudante de Física, colocou o seu brinquedo em formato de cone, para girar uniformemente e sem escorregar sobre uma superfície horizontal, como mostra a figura abaixo. A extremidade do cone está dobrada no ponto O, o qual está no mesmo nível do ponto C, centro da base do cone. A velocidade do ponto C é $v = 10$ cm/s. Encontre os módulos do:

   Dados: Abertura angular do cone $\beta = 30^\circ$
   Raio da base do cone $R = 60$ cm
   O vetor velocidade angular obedece à regra da mão direita.



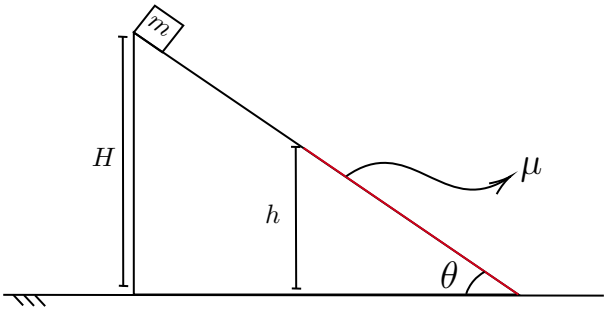
   (a) Vetor velocidade angular do cone e o ângulo que ele forma com a vertical;

   (b) Vetor aceleração angular do cone.

6. Baldemor possui uma barra cilíndrica maciça de um certo metal, e ele apenas sabe que seu coeficiente de dilatação linear é $\alpha = 5 \cdot 10^{-5}$ $^\circ$C^{-1}. Em uma piscina cheia de água salgada ($\rho_{água} = 1030$ Kg/m^3), ao esquentar a barra em um $\Delta T_0 = 129^\circ$C - em relação a temperatura ambiente - e mergulhar a barra na vertical, ele percebe que 5% dela fica para fora. Quanto ele deve esfriar a barra, em relação a temperatura ambiente, para que toda a barra seja imersa?

7. Na figura abaixo, há um plano inclinado diferenciado. Na sua fabricação, houve um equívoco e a parte dele inferior dele apresenta uma superfície rugosa(região vermelha) de coeficiente de atrito μ. Então, o seu fabricante, decide fazer um teste e ao soltar uma massa m do repouso, em formato de bloco (dimensões desprezíveis), de uma altura H, ele computa alguns resultados. Determine:

   Dados: Altura do inicio da superficie rugosa h = 10 cm
   Coeficiente de atrito $\mu = 2/3$
   Massa do cubo $m = 532$ g
   Altura $H = 40$ cm
   Ângulo $\theta = 53^\circ$
   1 cal = 4,2 joule



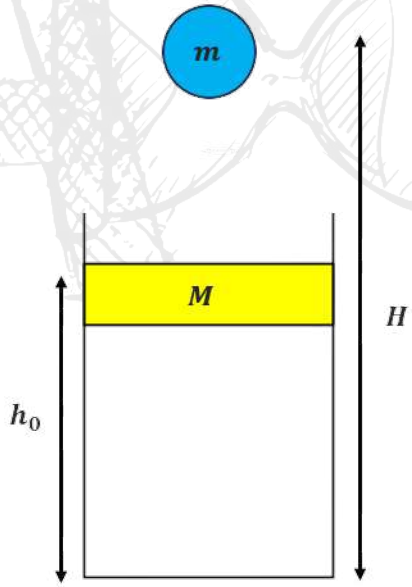
(a) A variação de energia ΔE do bloco, em joule.

(b) A velocidade imediatamente após a chegada ao solo.

(c) Caso o material do qual o bloco seja feito possua calor sensível $c = 2{,}1$ cal/g°C, determine a variação de temperatura ΔT do bloco, quando 25% do calor é dissipado.

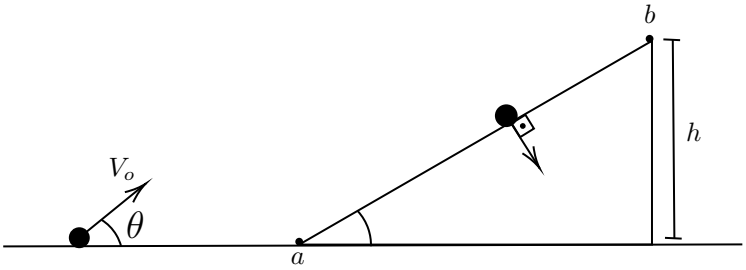
(d) Qual seria a velocidade do bloco, imediatamente apos a sua chegada no solo, se considerarmos a o aquecimento?

8. Seja um recipiente cilíndrico cheio de gás monoatômico colocado em um local sem atmosfera. Um pistão de massa $M = 3,5$ Kg está segurando o gás a uma altura $h_0 = 4,5$ m. Uma bolinha de massa $m = 1,5$ Kg é solta de uma altura $H = 9$ m e colide inelasticamente com o pistão. Após várias oscilações, o sistema chega a um estado final, em que o pistão está a uma altura h. Qual seria essa altura?



9. Dois amigos, Alberto e Gabriel, apreciadores da Física, decidem realizar uma brincadeira. Cada um deve jogar três vezes uma bolinha com velocidade V_o, a partir de um determinado ângulo com a horizontal, e pontua quem acertar perpendicularmente o alvo na superfície da cunha, de altura h. Gabriel jogou primeiro, lançando com um ângulo α, o projétil cai a uma distância horizontal a antes do alvo (na extremidade inferior da cunha), em sua segunda chace, ele lança a bola com um ângulo β e o projétil atinge uma distância horizontal b depois do alvo (na extremidade superior

da cunha). Na sua terceira tentativa, Gabriel arremessa a bolinha com um ângulo θ e pontua. Qual é o valor de θ para que o garoto pontue? Deixe sua resposta em função de β, α, a, b e h.



10. Sejam duas estrelas A e B em órbitas elípticas orbitando em torno de seu centro de massa que está a uma distância $d = 1,5 \cdot 10^{14}$ Km da Terra. Ambas as órbitas têm excentricidade $e = 0.85$ e período $P = 5$ anos. A estrela A tem massa $M_A = 4M_{sol}$, enquanto a estrela B tem massa $M_B = 6M_{sol}$. Sendo assim, descubra:
Dados: $\sqrt[3]{2} \approx 1,26$
Dicas: Se necessário, use que, para ângulos pequenos, $\tan x \approx \operatorname{sen} x \approx x$; Para um sistema binário com duas estrelas em órbitas elípticas:

$$P^2 = \frac{4\pi^2}{G(M_A + M_B)}(a_A + a_B)^3$$

Mas, se utiliza-se as massas em massas solares e as distâncias em unidades astronômicas, $\frac{4\pi^2}{GM_s} = 1$ (numericamente).
1 UA $= 1,5 \cdot 10^{11}$ m

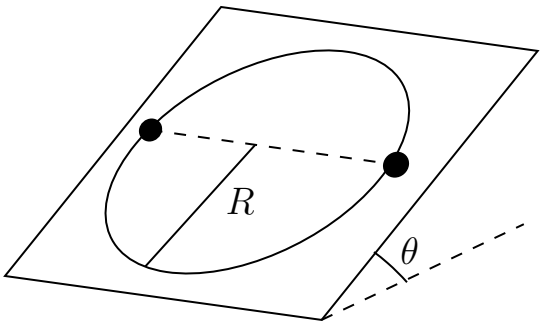
(a) A distância angular, em radianos, entre as estrelas quando estão o mais longe uma da outra;

(b) Os semieixos maiores a_A e a_B;

(c) A razão entre as velocidades de A e B nesse mesmo instante;

11. Ao ir estacionar o seu carro, João se depara com um estacionamento inclinado, onde o ângulo do solo em relação à horizontal é θ. O motorista deseja dirigir um círculo de raio R com velocidade constante. O coeficiente de atrito entre os pneus e o solo é conhecido e vale μ.

Dados: Ângulo de inclinação $\theta = 30°$
Raio da curva $R = 10$ m
Coeficiente de atrito $\mu = 2/3$
$\sqrt{2} \approx 1.4$



(a) Qual a velocidade máxima v_{max} que João deve ter para evitar um deslizamento?

(b) Qual a velocidade v que o motorista deve desempenhar para que o carro não escorregue em um dos pontos da figura acima (meio caminho entre a parte mais baixa e a mais alta da trajetória)?

12. Inácio deseja testar um brinquedo de seu parque de diversões radical: uma roda gigante para apenas uma cabine. Ela desce com a ação da gravidade na roda de raio R, partindo do topo após um leve empurrãozinho e dando voltas e voltas. Ache o cosseno da posição angular da cabine em relação ao topo em que ela possui aceleração apenas horizontal.