Universidade de Brasília   Faculdade UnB Gama

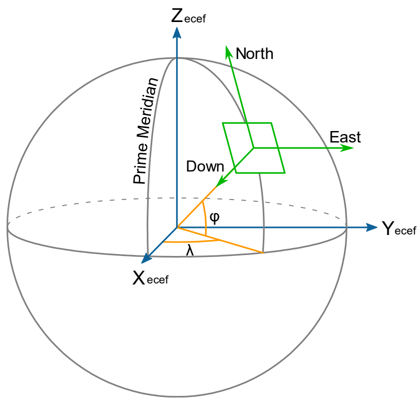
DISCIPLINA: MECÂNICA DO VOO - TURMA A   **Data: 27/08/2021**

PROFESSOR: WILLIAM REIS SILVA   **E-MAIL:** reis.william@unb.br

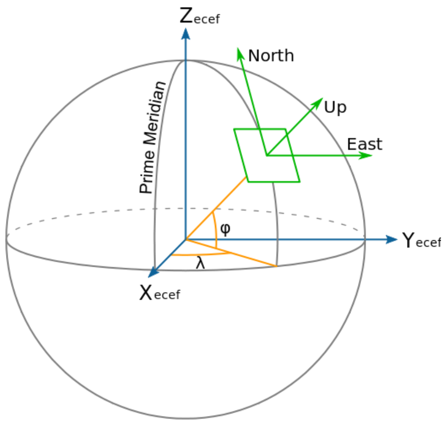
Prova 1 – Mecânica do Voo

Nome:_______________________________________ **Matrícula:** ___________ **Nota:** ______

1. (Valor: 2,0 pontos) Considere um sistema de referência S_{ECEF} com centro no centro da Terra e que rotaciona com ela. O eixo Z está alinhado com o eixo de rotação da Terra, o eixo X passa na latitude $\varphi = 0°$ e longitude $\lambda = 0°$ e o eixo Y completa o sistema dextrógiro.



(adaptado de https://en.wikipedia.org/wiki/North_east_down)



(adaptado de https://en.wikipedia.org/wiki/North_east_up)

i. Encontre $\boldsymbol{D}_{NED}^{ECEF}$. Informações: ache primeiro uma matriz de transformação que faça os eixos X,Y, e Z do sistema NED e ECEF coincidirem para $\varphi = 0°$ e longitude $\lambda = 0°$. Então, aplique as rotações λ e $-\varphi$.

ii. Considerando uma Terra perfeitamente esférica (desconsiderando que a Terra é oblata/esferoide) com raio R, como converter de latitude/longitude/altitude para coordenada ECEF? E de coordenada ECEF para latitude/longitude e altitude?

iii. As coordenadas da sala de aula são: φ = -15.9890146°, λ = -48.0448584°, $h = 1221$ m. Qual a coordenada ECEF? Assuma R = 6 378 164 m.

iv. Considere um satélite GPS na posição [10981457 -13087191 -20360055]^T [m]. Qual a posição desse GPS em relação à sala de aula (em S_{NED})? Quais os ângulos de azimute e elevação desse satélite?

v. Encontre $\boldsymbol{D}_{ENU}^{ECEF}$ e $\boldsymbol{D}_{ECEF}^{ENU}$. Informações: ache primeiro uma matriz de transformação que faça os eixos X,Y, e Z do sistema ENU e ECEF coincidirem para $\varphi = 0°$ e longitude $\lambda = 0°$. Então, aplique as rotações λ e φ.

vi. Represente o vetor rotação angular da Terra em S_{ENU}

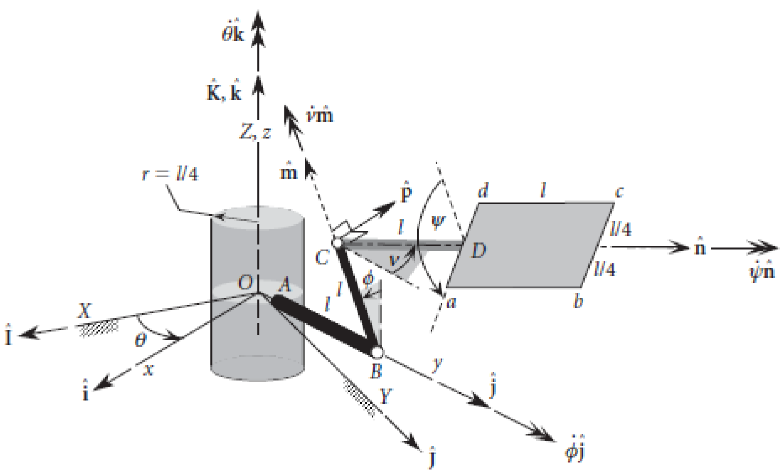
vii. Represente o vetor gravidade local em S_{ECEF}

viii. Encontre $\boldsymbol{D}_{NED}^{ENU}$ e $\boldsymbol{D}_{ENU}^{NED}$

2. (Valor: 2,0 pontos) Seja uma aeronave de massa m, cuja atitude atual é definida pelos ângulos ψ, θ, φ, em um local cuja aceleração da gravidade é g_0. Suponha que a aeronave está em movimento acelerado e considere ($\boldsymbol{V}_b = [U\ V\ W]$, $\dot{\boldsymbol{V}}_b = [\dot{U}\ \dot{V}\ \dot{W}]$, $\boldsymbol{\omega}_b^{b,NED} = [P\ Q\ R]$, $\dot{\boldsymbol{\omega}}_b^{b,NED} = [\dot{P}\ \dot{Q}\ \dot{R}]$), e que a aproximação de Terra plana possa ser utilizada. Há um o acelerômetro instalado em uma posição $\boldsymbol{r}'_b = [a\ b\ c]$ fixa em relação ao centro de massa da aeronave.

   i. Qual a medida do acelerômetro? Desenvolva as componentes do vetor $\boldsymbol{a}'_b$

3. (Valor: 2,0 pontos) A estrutura xyz fixada no corpo é fixada ao cilindro conforme mostrado. O cilindro gira em torno do eixo Z inercial, que é colinear com o eixo z, com uma velocidade angular absoluta $\boldsymbol{\Omega} = \dot{\theta}\hat{\boldsymbol{k}}$ constante A haste *AB* está presa ao cilindro e alinhada com o eixo y. A barra *BC* é perpendicular a *AB* e gira em torno de *AB* com a velocidade angular constante $\dot{\phi}\hat{\boldsymbol{j}}$ em relação ao cilindro. A haste *CD* é perpendicular a *BC* e gira em torno de *BC* com a velocidade angular constante $\dot{\nu}\hat{\boldsymbol{m}}$ em relação à *BC*, onde $\hat{\boldsymbol{m}}$ é o vetor unitário na direção de *BC*. A placa *abcd* gira em torno de *CD* com uma velocidade angular constante $\dot{\psi}\hat{\boldsymbol{n}}$ em relação a *CD*, onde o vetor unitário $\hat{\boldsymbol{n}}$ aponta na direção de *CD*. Assim, a velocidade angular absoluta da placa é $\boldsymbol{\omega}_{placa} = \dot{\theta}\hat{\boldsymbol{k}} + \dot{\phi}\hat{\boldsymbol{j}} + \dot{\nu}\hat{\boldsymbol{m}} + \dot{\psi}\hat{\boldsymbol{n}}$. Considere $\hat{\boldsymbol{m}} = \sin\phi\,\hat{\boldsymbol{\imath}} + \cos\phi\,\hat{\boldsymbol{k}}$; $\hat{\boldsymbol{p}} = \hat{\boldsymbol{m}} \times \hat{\boldsymbol{j}}$ e $\hat{\boldsymbol{n}} = \cos\nu\,\hat{\boldsymbol{j}} + \sin\nu\,\hat{\boldsymbol{p}}$ **.** Demonstre que:



   i. $\boldsymbol{\omega}_{placa} = (\dot{\nu}\sin\phi - \dot{\psi}\cos\phi\sin\nu)\hat{\boldsymbol{\imath}} + (\dot{\phi} + \dot{\psi}\cos\nu)\hat{\boldsymbol{j}} + (\dot{\theta} + \dot{\nu}\cos\phi + \dot{\psi}\sin\phi\sin\nu)\hat{\boldsymbol{k}}$

   ii. $\boldsymbol{\alpha}_{placa} = \frac{d\boldsymbol{\omega}_{placa}}{dt} = [\dot{\nu}(\dot{\phi}\cos\phi - \dot{\psi}\cos\phi\cos\nu) + \dot{\psi}\dot{\phi}\sin\phi\sin\nu - \dot{\psi}\dot{\theta}\cos\nu - \dot{\phi}\dot{\theta}]\hat{\boldsymbol{\imath}} + [\dot{\nu}(\dot{\theta}\sin\phi - \dot{\psi}\sin\nu) - \dot{\psi}\dot{\theta}\cos\phi\sin\nu]\hat{\boldsymbol{j}} + [\dot{\psi}\dot{\nu}\cos\nu\sin\phi + \dot{\psi}\dot{\phi}\cos\phi\sin\nu - \dot{\phi}\dot{\nu}\sin\phi]\hat{\boldsymbol{k}}$

4. (Valor: 2,0 pontos) Explique os trade-offs (ou seja, o que se perde e o que se ganha) ao se alterar as seguintes características de uma asa:

   i. Diedro
   ii. Enflechamento
   iii. Alongamento

5. (Valor: 2,0 pontos) Ao pilotar um aeromodelo, você percebe que a resposta em arfagem está instável, ou seja, ao fornecer um comando de profundor (elevator), mesmo que pequeno e de curta duração, α aumenta até que o avião entre em stall. Explique uma possível razão para a instabilidade. O que poderia ser feito para estabilizar? Informações extras: o aeromodelo, em si, possui fuselagem oca, na qual foram instalados diversos equipamentos: baterias, rádio transmissores, sensores, computador de bordo. Esses equipamentos não possuem lugar fixo (ou seja, podem ser instalados em qualquer lugar da fuselagem), e foram instalados de forma arbitrária.