



NATIONAL AERONAUTICS
AND SPACE ADMINISTRATION

+ Site somente em texto
+ Versão sem Flash
+ Entre em contato com Glenn

FIND IT @ NASA

+ GO

+ ABOUT NASA

+ NEWS & EVENTS

+ MULTIMEDIA

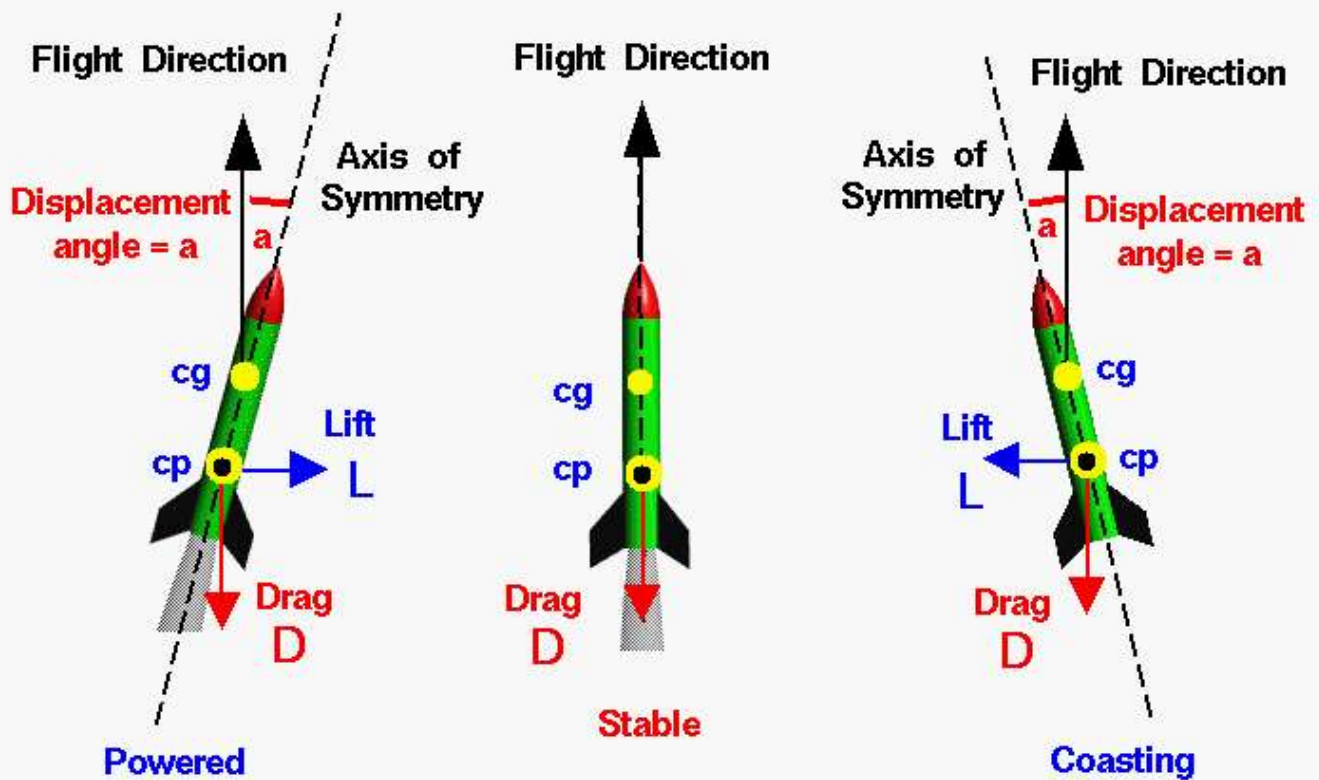
+ MISSIONS

+ MY NASA

+ WORK FOR NASA



Rocket Stability



Durante o vôo de um foguete modelo, pequenas rajadas de vento ou instabilidades de impulso podem fazer com que o foguete "oscile" ou mude sua atitude em vôo. Como qualquer objeto em voo, um modelo de foguete gira em torno de seu centro de gravidade **cg**, mostrado como um ponto amarelo na figura. A rotação faz com que o eixo do foguete seja inclinado em algum ângulo a em relação à trajetória de vôo. Sempre que o foguete está inclinado para a trajetória de vôo, uma força de sustentação é gerada pelo corpo do foguete e pelas aletas, enquanto o arrasto aerodinâmico permanece razoavelmente constante para pequenas inclinações. Levantar e arrastar ambos atuam através do centro de pressão **cp** do foguete, que é mostrado como o ponto preto e amarelo na figura.

Neste slide mostramos três casos em que a direção do voo é exatamente vertical. No centro da figura, o foguete está intacto e o eixo está alinhado com a direção do vôo. O arrasto do foguete está ao longo do eixo e não há sustentação gerada. À esquerda da figura, um foguete motorizado teve o nariz do foguete perturbado para a direita. À direita da figura, um foguete coasteiro teve o nariz do foguete perturbado para a esquerda. Denotamos o ângulo em ambos os casos pelo símbolo a . Considerando o caso do foguete motorizado, vemos que uma força de sustentação é gerada e direcionada para o lado direito ou a favor do vento do foguete. No caso do foguete coasteiro, a sustentação é direcionada para a esquerda, também para o lado do foguete a favor do vento. Para o caso motorizado, tanto a sustentação quanto o arrasto produzem torques no sentido anti-horário, ou torções, sobre o centro de gravidade; a cauda do foguete se moverá para a direita sob a ação de ambas as forças e o nariz se moverá para a esquerda. Para o caso de inércia, tanto a sustentação quanto o arrasto produzem torques no sentido horário em torno do centro de gravidade; a cauda do foguete se moverá para a esquerda sob a ação de ambas as forças e o nariz se moverá para a direita. Em ambos os casos, as **forças de sustentação e arrasto movem o nariz para trás na direção do voo**. Os engenheiros chamam isso de **força restauradora** porque as forças "restauram" o veículo à sua condição inicial e o foguete é considerado **estável**.

Existe uma força restauradora para este modelo de foguete porque o centro de pressão está abaixo do centro de gravidade. Se o centro de pressão estiver acima do centro de gravidade, as forças de sustentação e arrasto mantêm suas direções, mas a direção do torque gerado pelas forças é invertida. Isso é chamado de **força desestabilizadora**. Qualquer pequeno deslocamento do nariz gera forças que fazem com que o deslocamento aumente. As condições para um foguete estável são que o centro de pressão deve estar localizado abaixo do centro de gravidade.

There is a relatively simple test that you can use on a model rocket to determine the stability. Tie a string around the body tube at the location of the center of gravity. Be sure to have the parachute and the engine installed. Then swing the rocket in

a circle around you while holding the other end of the string. After a few revolutions, if the nose points in the direction of the rotation, the rocket is stable and the center of pressure is below the center of gravity. If the rocket wobbles, or the tail points in the direction of rotation, the rocket is unstable. You can increase the stability by lowering the center of pressure, increasing the fin area, for example, or by raising the center of gravity, adding weight to the nose.

NOTE: Modern [full scale rockets](#) do not usually rely on aerodynamics for stability. Full scale rockets [pivot](#) their exhaust nozzles to provide stability and control. That's why you don't see fins on a Delta, Titan, or Atlas booster.

[Guided Tours](#)

-  **Guidance System:** 
 -  **Rocket Rotation:** 
 -  **RocketModeler III:** 
-

Activities:

[Paper Rocket: Grade 6-10](#)

[Pencil Rocket: Grade 6-10](#)

Related Sites:

[Rocket Index](#)

[Rocket Home](#)

[Beginner's Guide Home](#)



+ Linha direta do Inspetor Geral
 + Dados de oportunidades iguais de emprego publicados de acordo com a Lei Sem Medo
 + Orçamentos, Planos Estratégicos e Relatórios de Responsabilidade
 + Lei de Liberdade de Informação
 + Agenda de Gerenciamento do Presidente
 + Declaração de Privacidade, Isenção de Responsabilidade
 e Certificação de Acessibilidade da NASA



Editor: Tom Benson
 Oficial da NASA: Tom Benson
 Última atualização: 13 de maio de 2021
 + Contato Glenn