



Fig. 9.28 Comparação de bolas de golfe com concavidades hexagonais e convencionais [31].

baixo, conforme mostrado. As forças de pressão causam uma sustentação no sentido mostrado; rotação no sentido contrário produziria sustentação negativa — uma força para baixo. A força tem a sua orientação perpendicular a V e ao eixo da rotação, simultaneamente.

Dados de sustentação e arrasto para esferas lisas em rotação são apresentados na Fig. 9.27b. O parâmetro mais importante é a razão de rotação, $\omega D/2V$, a razão entre a velocidade superficial e velocidade de corrente livre; o número de Reynolds tem papel apenas secundário. Para baixas razões de rotação, a sustentação é negativa para rotação horária. Apenas acima de $\omega D/2V \approx 0,5$ a sustentação torna-se positiva e continua a aumentar à medida que a razão de rotação aumenta. Os coeficientes de sustentação tornam-se constantes em torno do valor 0,35. A rotação tem pequeno efeito sobre o coeficiente de arrasto da esfera, que varia de 0,4 a 0,65, aproximadamente, na totalidade da faixa de razão de rotação mostrada.

Mencionamos anteriormente o efeito das concavidades de uma bola de golfe sobre o arrasto. Dados experimentais para os coeficientes de sustentação e arrasto para bolas de golfe girando sobre si mesmas são apresentados na Fig. 9.28 para números de Reynolds subcríticos entre 126.000 e 238.000. Novamente, a variável independente é a razão de rotação; uma faixa muito menor de razão de rotação, típica de bolas de golfe, é apresentada na Fig. 9.28.

Há claramente uma tendência: o coeficiente de sustentação aumenta consistentemente com a razão de rotação tanto para as concavidades hexagonais quanto “convencionais” (redondas). O coeficiente de sustentação numa bola de golfe com concavidades hexagonais é significativamente maior — 15 por cento — do que numa bola com concavidades redondas. A vantagem das concavidades hexagonais continua para as razões de rotação maiores que foram medidas. O coeficiente de arrasto para uma bola com concavidades hexagonais é consistentemente 5 a 7 por cento inferior àquele para uma bola com concavidades redondas a baixas razões de rotação; porém, a diferença torna-se menos pronunciada à medida que a razão de rotação cresce.

A combinação de maior sustentação e menor arrasto aumenta o alcance de uma tacada. Alguns anos atrás, a Royal lançou a bola “Plus 6” — com concavidades hexagonais — nos Estados Unidos. A sua campanha publicitária assegurava aos golfistas que as tacadas seriam consistentemente 6 jardas mais longas do que usando as bolas convencionais com concavidades redondas!

EXEMPLO 9.9 — Sustentação de uma Bola Girando sobre si Mesma

Uma bola de tênis lisa, com massa de 57 g e 64 mm de diâmetro, é golpeada a 25 m/s na sua parte superior com um efeito que lhe dá rotação, no sentido da trajetória, de 7.500 rpm. Calcule a sustentação aerodinâmica atuando sobre a bola. Avalie o raio de curvatura da sua trajetória no plano vertical. Compare com o raio quando não houver efeito.

PROBLEMA-EXEMPLO 9.9

DADOS: Bola de tênis em voo, com $m = 57$ g e $D = 64$ mm, golpeada com $V = 25$ m/s e efeito que lhe dá rotação para diante de 7.500 rpm.

DETERMINAR: (a) A sustentação aerodinâmica atuando sobre a bola.
(b) O raio de curvatura da trajetória no plano vertical.
(c) Compare com o raio para o caso de ausência de efeito.

SOLUÇÃO:

Admita que a bola é lisa.