

4. O chumbo do comandante

Podem-se resolver mais problemas divertidos do mesmo género. A física consiste em resolver problemas, não questões

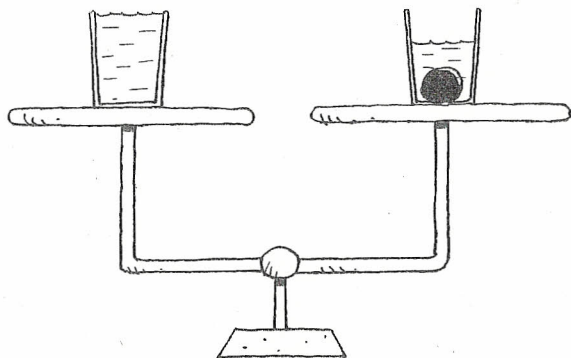
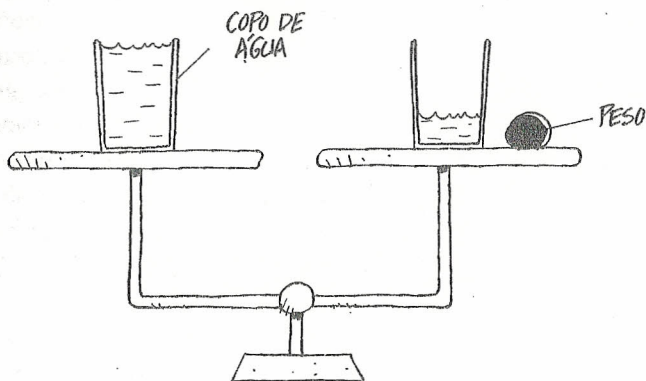
abstractas (que são deixadas para a matemática), mas casos bem concretos que ocorrem ou podem ocorrer na prática. Consideremos agora um barco grande e uma banheira também grande. O barco tem um comandante, como todos os barcos grandes que flutuam (os barcos que não flutuam... tinham um comandante!). Suponhamos que o comandante do barco dentro da banheira (a água na banheira está rés-vés pelo bordo) coloca, devagarinho, uma bola de chumbo (a densidade do chumbo é $11,3 \text{ g/cm}^3$) fora do barco e da banheira. O conjunto fica a pesar mais ou menos? Por outras palavras: se, de um lado de uma gigantesca balança, se tiver simplesmente uma banheira com água e, do outro, uma banheira com água, um barco, um comandante e uma bola de chumbo e, a certa altura, o comandante largar, lentamente (usando, por exemplo, um fio), a bola para fora da balança, para que lado se inclina esta?

O barco, alijado de alguma da sua carga, sobe (o seu peso fica menor, e, para que a impulsão seja menor, tem de ser menor o volume da parte imersa do barco). Subindo o barco, a água do recipiente desce. Não mudou, pois, a quantidade de água dentro da banheira. O conjunto formado pelo barco e pela respectiva carga pesa menos. Logo, o fiel da balança inclina-se para o lado onde está a banheira cheia com água.

Suponha-se agora que o comandante larga a bola, sempre devagar, para o prato da balança. E desta vez? O fiel da balança mexe-se ou não?

Não. Mais uma vez, a quantidade de água na banheira não muda. Quando se descarrega a bola, o nível da água desce da mesma quantidade que no problema anterior. Por outro lado, o peso da banheira com água, barco, comandante e bola é o mesmo que o peso da bola mais o da banheira com água, barco e comandante. O peso da bola, que se transmitia à água da banheira e daí ao prato da balança, passou a transmitir-se directamente ao prato da balança. Para o leitor se certificar deste facto pode colocar num dos pratos de uma balança um

copo meio de água com um pequeno peso ao lado e no outro prato um copo de água que equilibre a carga do lado contrá-



rio. Se colocar agora o pequeno peso dentro da água do copo, verifica que a situação inicial de equilíbrio não é alterada.

Considere-se agora um problema mais difícil. O comandante lança a bola de chumbo para a água. A água da banheira entorna ou não? Em que prato o peso fica maior?

970 A água não entorna, porque o barco alijado da sua carga sobe (como um balão cujo ocupante deita fora um saco de areia). Então a água desce: quando o barco sobe, a água do recipiente desce necessariamente, embora não desça tanto como nos dois casos anteriores. Pode-se também ver a questão do seguinte modo: a bola de chumbo em cima do navio deslocava muita água (deslocava um volume de água cujo peso é igual ao peso da bola), mas dentro de água desloca muito menos (só desloca o seu volume em água); por outro lado, a bola de chumbo fora de água não desloca água nenhuma (só desloca ar, isto é, desloca o seu volume em ar). O nível de água no recipiente é um pouco menor quando a bola está dentro de água do que quando a bola está dentro do barco.

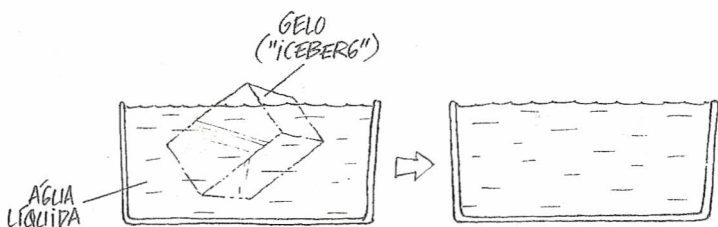
Mais uma vez, o fiel da balança não se mexe. O peso da bola era antes transmitido ao barco (e, portanto, à água e à balança). O seu peso passou depois a ser transmitido directamente à balança, tal como no problema anterior.

Vejamos mais uma pergunta que mete água, a fim de baralhar o leitor que ainda o não esteja. Considere-se, mais uma vez, um recipiente completamente cheio de água. Coloque-se lá um bloco de gelo (a experiência pode ser feita na cozinha: num alguidar cheio com água da torneira põe-se a flutuar um bloco de gelo feito no frigorífico). O gelo flutua (a densidade do gelo é $0,92 \text{ g/cm}^3$). Um alguidar com água até à borda pesa o mesmo que um alguidar com água até ao cimo e gelo a flutuar. A situação é, no fundo, igual à de há pouco, quando se pretendia saber o que pesava mais, se uma banheira cheia de água ou uma banheira cheia de água onde flutua um barco. O gelo é um icebergue pequeno, muito mais pequeno do que aquele que serviu para afundar o *Titanic* (será que o navio descrito por Eça encontrava, no mar alto, icebergues que o faziam deitar?). Tal como num grande icebergue, a parte imersa do pequeno bloco de gelo é muito maior do que a parte que aparece fora de água (90 % e 10 %, respectiva-

mente). Um icebergue é um barco especial, com o bojo muito mergulhado.

Deixemos agora o gelo derreter. Não é preciso fazer nada, é só deixar passar o tempo, que o gelo vai derretendo sozinho. A água entorna-se nesse processo ou não?

À primeira vista poderá parecer que a água se entorna, porque havia uma parte de água (sob a forma de gelo) acima da superfície livre da água líquida. Mas o gelo, ao derreter, «encolhe». Toda a gente conhece a operação contrária: uma garrafa cheia de água colocada num frigorífico estala porque o gelo, quando solidifica, «alarga». Também nos automóveis, quando a água de refrigeração congela, o motor parte. O gelo da nossa experiência «encolhe» precisamente da mesma quantidade que estava a mais em cima. Por que é que o gelo flutua? O gelo é «esperto»: mergulha apenas a parte necessária para que a impulsão equilibre o peso (isto é o mesmo que dizer que o gelo obedece à lei de Arquimedes). À medida que derrete, o gelo pesa menos, sendo menor a parte dele que está mergulhada. Este fenómeno dá-se gradualmente, não ocorrendo nenhuma modificação do nível da água.

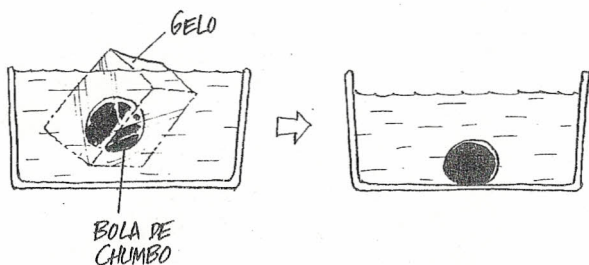


Consideremos uma última questão, que, além de água, tanto líquida como sólida, mete chumbo. Temos o mesmo gelo no alguidar, mas agora com uma diferença: dentro do gelo escondeu-se um objecto pesado, uma pequena bola de chumbo,

por exemplo. É fácil conseguir isso: basta preparar um bloco de gelo no congelador com uma bola de chumbo lá dentro. A fracção do gelo dentro de água é agora maior do que 90 %. Deixa-se derreter o gelo. Pergunta-se: a água entorna-se ou não? O nível de água mantém-se ou não?

O problema é semelhante ao da banheira, do barco, do comandante e da bola de chumbo que é deitada ao fundo. Atendendo a essa semelhança, a resposta é agora fácil. Os raciocínios por analogia são muito frequentes em física.

O nível de água baixa, de facto. Numa primeira fase, o problema é idêntico ao do alguidar com o bloco de gelo. O gelo derrete, mantendo-se o nível da água. A certa altura, a bola de chumbo cai para o fundo do recipiente. Então o bloco de gelo levanta-se um pouco, tal como um navio que acaba de alijar a sua carga, ou um balão que acaba de deitar fora um saco de areia ou um barco cujo comandante deitou uma bola de chumbo à água. E, subindo o gelo, desce obviamente a água. A partir daí, o nível de água mantém-se.



Este é, portanto, tal como o da banheira com barco, comandante e bola, um problema que não só mete água e chumbo, como pode fazer meter «água» e «chumbo». Nos exames quem meter «água» em problemas deste tipo mete também obviamente «chumbo». Afunda-se, pois.

Considere-se, pois, «chumbado» o comandante se, no fim de todas estas explicações e aplicações, ainda desconhecer a lei de Arquimedes, velha de dois mil trezentos e tal anos, e deixar o seu navio deitar-se e ir ao fundo!

TÍTULO: *Física Divertida*

AUTOR: Carlos Fiolhais

PUBLICAÇÃO: Gradiva – Publicações, Lda.

EDIÇÃO: 3ª ed., 1992