

### **Балони – един малко неочакван резултат (пример за смятане на пръсти)**

Масата на молекулата на водорода е кръгло два пъти по-малка от масата на хелиевия атом: грубо казано, във водородната молекула има два нуклона (два протона), а в атома на хелия – четири нуклона (два протона и два неутрона), оттук и отношението 1:2. (Електроните не броим, защото масите им са твърде малки. Поради същата причина не отчитаме и дефекта на масата в хелиевото ядро.) Тъй като градивни частици на газа водород са водородните молекули, а на газа хелий – хелиевите атоми, при равни условия (температура, налягане) **плътността** на газа водород ще бъде два пъти по-малка от плътността на газа хелий.

Известно, че се използват три вида въздухоплателни средства (балони, дирижабли) – напълнени с горещ въздух, с водород и с хелий.

**Задача.** Как ще се промени подемната сила на балон, ако вместо с водород бъде напълнен с хелий?

- А) Ще се намали два пъти.
- Б) Ще се намали повече от два пъти.
- В) Ще остане почти непроменена.

Задачата е формулирана като качествена, затова и решението ѝ търсим на качествено равнище, като няма да прибъгваме до помощта на справочници, т.е. ще използваме само данни, които един учил съвместно физика човек трябва да знае.

Подемната сила, действаща на балон, пълен с въздух, чиито температура и налягане са равни на температурата и налягането на околния въздух е **нула**. Наистина, в този случай действащата нагоре изтласкваща (Архимедова) сила е равна по големина на насочената надолу сила на тежестта на въздуха, затворен в балона.

Различна от нула подемна сила се появява само, когато плътността на газа в балона е по-малка от плътността на околния въздух: **колкото по-голяма е разликата между плътността на околния въздух и плътността на газа в балона, толкова по-голяма е и подемната сила.**

Нас ни интересува **отношението** между подемните сили в два случая: когато балонът е пълен с водород, и когато е пълен с хелий. Тези сили са пропорционални на разлики от плътности и следователно отношението им ще бъде отношение на плътности. Отношението на две еднородни величини (в случая – плътности) обаче не зависи от единицата, в която ги измерваме – то е безразмерна величина. Ще използваме този факт за опростяване на разглежданията, като ще изразяваме плътностите с една *условна единица* (у.е.), която определяме по следния начин.

Нека, по подобие на проведените в началото разсъждения, приемем броя на нуклоните в една градивна частица като условна единица за плътност на газ. В такъв случай плътността на водорода ще бъде 2 у.е. (2 нуклона в молекула водород), а плътността на хелия – 4 у.е. (4 нуклона в атом хелий).

Можем ли така да изразим и плътността на въздуха? Основната му съставка – азотът, има пореден номер 7 в Периодичната система. Това означава 7 протона и (най-вероятно, защото има и изотопи) – 7 неутрона в ядрото на азотния атом, или общо  $7 + 7 = 14$  нуклона. Тъй като азотната молекула е двуатомна, в нея има 28 нуклона. Така плътността на азота се оказва 28 у.е.

Кислородът от своя страна е 8-и по ред в Периодичната система – това означава 8 протона + 8 неутрона в ядрото – общо 16 нуклона, а в молекулата – 32 нуклона, т.е. плътността му е 32 у.е.

Като пренебрегнем наличието на други газове във въздуха, можем да заключим, че плътността на въздуха е някъде между 28 у.е. и 32 у.е. Имайки предвид, че все пак количеството на азота е значително повече от това на кислорода, можем да приемем, че

плътността на сместа, наречена въздух, е не средната стойност от 30 у.е. ( $(28 + 32) : 2 = 30$ ), а някъде около 29 у.е.

Предвид казаното по-горе, подемната сила на балон, пълен с водород, ще бъде пропорционална на  $29 - 2 = 27$  у.е., а на балон, пълен с хелий – съответно на  $29 - 4 = 25$  у.е. Сега вече и без калкулатор може да се съобрази, че отношението на двете сили е много близко до единица –  $27 : 25 = 1,08$ , т.е. верният отговор е **В**).

*Из историята.* Известно е, че през Първата световна война въздухоплавателни средства (балони и дирижабли) са използвани за военни цели. В началото били пълнени с водород, но това се оказало неизгодно: бавноподвижните балони ставали удобна цел за обстрел, а почти всяко попадение в тях предизвиквало взрив и пожар на леснозапалимия водород, което водело и до гибел на екипажа в гондолата. Поради това воюващите страни започнали да се отказват от използването им. През 1918 г. обаче германците първи съобразили, че ако пълнят балоните с хелий, няма да загубят много по отношение на подемна сила, но затова пък ще избегнат опасността от пожари. Ето защо, когато над Лондон се появил дирижабъл, който въпреки пробойните не се взривил, англичаните останали много учудени от този факт.

**Количествена задача.** За тези, на които приведеното решение изглежда съмнително, предлагаме да решат количествено задачата. Ще трябва да използват само закона на Архимед и формулата за силата на тежестта, действаща на газ с известни обем и плътност. За да не ровите из справочници, предоставяме данните за плътностите на въздуха, на водорода и на хелия:

$$\rho_{\text{в.}} = 1,29 \text{ kg/m}^3; \quad \rho_{\text{H}} = 0,089 \text{ kg/m}^3; \quad \rho_{\text{He}} = 0,178 \text{ kg/m}^3.$$