

Камък в лодка

(или – защо трябва да решаваме разнообразни физични задачи)

В една от най-известните класически качествени задачи, смятана за номер едно сред “мозъчните дразнителни” (brainteasers), се пита ще се промени ли равнището на водата в басейн, в който плава лодка, ако хвърлим във водата намиращ се в лодката камък. И ако се промени, то как: ще се издигне или ще се понижи?

В книгата на Дж. Гамов и М. Кливланд “*Physics, Foundations and Frontiers*” авторите твърдят, че на една научна конференция задачата била поставена на самия Гамов, на Роберт Опенхаймер и на нобеловия лауреат Феликс Блох, но нито един от тримата не посочил верния отговор. Което, разбира се, не е доказва нито сложността на задачата, нито неподготвеността на запитаните – очевидно те просто не са се замислили достатъчно над проблема.

Всички разновидности на решението се опират на закона на Архимед, като едно от най-убедителните използва метода на екстремните ситуации: представете си, че без да вадите камъка от лодката, с помощта на някаква огромна сила успеете да го свие до размера на бобено зърно. При това масата му се запазва, запазва се и равнището на водата в басейна. След това хвърляте зърното на брега. Лодката олеква и (по закона на Архимед) измества по-малко вода, следователно равнището ѝ в басейна спада. Накрая хвърляте зърното във водата, то потъва на дъното, но заради малкия му обем, повишаването на равнището не може да компенсира предхождащия спад.

И така – прехвърлянето на камъка от лодката във водата предизвиква спадане на равнището.

Струва ли си? Нека направим една оценка за предсказаното понижение, за да разберем за какво става дума. Да предположим, че масата на камъка е 5 kg, а плътността – $2,5 \text{ g/cm}^3$. В началното положение лодката измества вода с тегло, равно на сумата от теглата на лодката, лодкаря и камъка. Когато прехвърлим камъка, лодката ще измества с 5 литра по-малко вода (защото плътността на водата е 1 g/cm^3), но камъкът на дъното на басейна ще измества допълнителни 2 литра (защото толкова е обемът му – $5 \text{ kg}; 2,5 \text{ g/cm}^3 = 2000 \text{ cm}^3 = 2 \text{ l}$).

И така, обемът на изместената вода намалява общо с $5 - 2 = 3$ литра, или $3\,000\,000 \text{ mm}^3$. Да предположим, че свободната площ на водата в басейна е $30 \text{ m}^2 = 30\,000\,000 \text{ mm}^2$ (в него все пак трябва да може да плава лодка с човек в нея). Понижението на равнището на водата ще получим, като разделим $3\,000\,000$ на площта, т.е. на $30\,000\,000$. Резултатът – $0,1 \text{ mm}$ е впечатляващо малък – това е дебелината на бръснарско ножче!

Малък, обаче в сравнение с какво? Това, че ние няма да забележим понижение от $0,1 \text{ mm}$ е наистина едно основание да твърдим, че резултатът е малък, но все пак твърдението е субективно, защото се опира на невъзможността на човек да констатира толкова малка разлика. Но може би този резултат е голям в сравнение с влиянието на други фактори върху равнището на водата? Един такъв фактор, например, е нейната температура – при повишение на температурата обемът на водата расте, а това ще води до повишаване на равнището ѝ в басейна (предполагаме, че не правим опита през зимата, когато температурата в басейна може да е под $4 \text{ }^\circ\text{C}$!) В интервала ($10 - 20$) $^\circ\text{C}$ коефициентът на обемно разширение на водата е около и по-голям от 10^{-4} K^{-1} . Лесно е да се пресметне, че ако басейнът е поне метър дълбок, едно повишение на температурата с по-малко от $1 \text{ }^\circ\text{C}$ компенсира с излишък понижението, получено от прехвърлянето на камъка. Така, че ако решите да правите действително опит, тъй като ще трябва да изчаквате водата в басейна да се успокои напълно, докато измервате равнището ѝ преди и след прехвърлянето, може да се окаже, че Слънцето я е нагряло

толкова, че търсеният ефект е изчезнал. Или още по-лошо – да получите обратен резултат.

Тук не отчитаме обаче влиянието на един друг фактор, който действа в противоположна посока – изпарението на водата.

Следователно, и обективно погледнато, влиянието на прехвърлянето на камъка от лодката във водата си остава незабележимо малко. С други думи – задачата има само “академичен” интерес, но не и практическо значение. Тя обаче добре илюстрира колко сложни са реалните физични ситуации в сравнение с идеализациите, които правим при формулиране на проблемите. Затова във всеки конкретен случай е необходимо много точно да преценяваме кои фактори следва да отчетем и кои може да пренебрегнем.

За да илюстрирам сложността на проблема, ще си позволя да приведа един пространен цитат от книгата на П. Маковецкий “*Смотри в корень!*” (Москва, Наука, 1979), в която авторът анализира подобна задача:

“Задачата на тази задача е да покаже, че всяка физична задача е *безкрайно сложна*, защото на всяко физично тяло действат едновременно *всички* физични закони. В това число и тези, които *все още не са открити!*”

Физичната задача може да бъде решена само приблизително. И в зависимост от точността, която се изисква в конкретната ситуация, ще се наложи отчитането на по-малък или по-голям брой фактори. ...

Кои фактори следва да се отчитат? За да разберем това трябва първо да ги подредим в ред по степента на тяхната важност и да отхвърлим всички, които следват след този, чиито принос е съществено по-малък от допустимата грешка. А как да ги подредим правилно в такъв ред? Строго погледнато, за целта няма друг начин, освен да пресметнем приноса на всеки един от факторите. Но тогава опростената задача не е по-проста от началната. На практика при оценка на много от факторите се налага да се позоваваме на интуицията и на опита, което наистина опростява задачата, но внася определен риск.

Ученикът обикновено решава задачата още по-просто: огромна част от факторите се отсяват от само себе си поради това, че изобщо не му идват наум, т.е. не попадат в пресяващото сито. Така решението е по-лесно, но по-лесно се правят и грешки.”

Към тези думи искам да добавя само това, че човек не се ражда с интуиция и опит – те се създават само в практиката, в случая – чрез решаване на разнообразни задачи.