

### Малко футбол

Опитайте да събудите интерес към задачите по физика (поне в мъжката част от класа) чрез въпроса: *Възможно ли е шутът на нападателя да бъде толкова силен, че да вкара вратаря заедно с топката във вратата?* Тази задача прилича на известните Ферми-задачи по това, че трябва да се правят редица предположения за уточняване на ситуацията (т.е. явлението да се моделира по подходящ начин), като същевременно се съобразява какво да се смята зададено и се приемат разумни стойности за величините, от които зависи отговорът.

Отговорът може да се намери с помощта на закона за запазване на импулса и на закона за пътя при свободно падане на телата.

Ако вратарят е стъпил на земята, той по-трудно ще загуби равновесие, за да падне назад зад голлинията. Затова ще разгледаме случай, в който интересуващото ни събитие може да възникне по-лесно: топката лети хоризонтално на височина  $h$ , перпендикулярно на вратата, а вратарят я лови в момента, когато самият той е неподвижен във въздуха, в хоризонтално положение (т.е. – плонжирал е) на височина  $h$  точно пред голлинията. Тогава, ако означим с  $m$  и  $v$  съответно масата и скоростта на топката, а масата на вратаря и общата скорост на двете тела (след като той хване топката) – с  $M$  и  $u$ , законът за запазване на импулса в хоризонтална посока дава връзката:

$$(1) \quad mv = (M + m)u .$$

Тъй като  $m \ll M$  и освен това се интересуваме от оценки, а не от точни решения, от (1) получаваме, че след като улови топката, вратарят придобива хоризонтална скорост:

$$(2) \quad u = \frac{m}{M} v .$$

Ако приемем, че “влизането” във вратата представлява преместване на разстояние от порядъка на  $L = 30$  cm, за него е необходимо време:

$$(3) \quad t = \frac{L}{u} = \frac{ML}{mv} .$$

Въпросът е дали времето  $t_1$  за свободно падане от височина  $h$  е достатъчно за такова преместване, т.е. – дали:

$$(4) \quad t_1 > t .$$

От закона за пътя при свободно падане ( $h = \frac{1}{2}gt^2$ ) следва, че:

$$(5) \quad t_1 = \sqrt{\frac{2h}{g}} .$$

Като заместим  $t_1$  от (5) и  $t$  от (3) в (4), виждаме, че неравенството е изпълнено, ако скоростта на топката удовлетворява неравенството:

$$(6) \quad v > \frac{M}{m} L \sqrt{\frac{g}{2h}} .$$

Да преценим реално ли е на топката да се придаде толкова голяма скорост. Ако приемем  $M = 70$  kg (относително лек вратар!),  $m = 0,4$  kg и  $h = 1$  m, с вече избраната стойност за  $L$  намираме, че скоростта на топката трябва да бъде значително повече от 100 m/s (фактически по-голяма от 400 km/h). Известно е, че максималната измерена скорост на футболна топка е само малко над 100 km/h, така че и най-добрите нападатели от физически съображения не могат да “вкрат вратаря с топката във вратата”. А ако в игра все пак това се случи, това ще означава, че някое от предположенията, които направихме по-горе, не е изпълнено.

