

### Спирачен път и безопасна дистанция

Засиленото внимание към онези проблеми на всекидневието, чието решаване е свързано със знанията по физика, е причина въпросът за зависимостта между спирачния път на едно превозно средство и скоростта на движение да се разглежда и в 8. клас (1, стр. 16), и в 10 клас (2, стр. 21). Изводът, че спирачният път е пропорционален на квадрата от скоростта, е важен за всички участници в движението – и за водачите на превозните средства, и за пешеходците.

За учениците, голямата част от които са потенциални шофьори, ще бъде важна още една зависимост – зависимостта на безопасната дистанция между движещите се в колона коли от скоростта на движение. Тази зависимост не се разглежда в учебниците, но изводът ѝ представлява хубав пример за прилагане на законите за равнозакъснителните движения.

За да намерим въпросната зависимост, ще разгледаме две коли, които се движат Еднопосочно с равни скорости  $v$  на разстояние  $d$  една от друга. В определен момент шофьорът на предната кола натиска спирачката. Задната кола започва да спира след време  $\tau$ , което се определя най-вече от бързината на реакциите на нейния шофьор. Въпросът е при какво минимално разстояние между колите, задната няма да удари предната. (Ускоренията на двете коли при спиране са равни.)

Особеност на тази задача, която я прави различна от задачите, обикновено решавани в училище, е, че за разглеждания случай характерът на движението на задната кола не е постоянен – в началото (за време  $\tau$ ) тя се движи равномерно, а след това – равнозакъснително. Този факт не позволява да напишем за нея един общ закон за движението, който да е в сила във всеки момент след началото на спирането на предната кола. Поради това целият интервал време от началото на спирането на предната кола до окончателното спиране на задната кола следва да се раздели на две части.

Движението на колите разглеждаме спрямо отправна система, неподвижно свързана със Земята. Началото на координатната ос  $Ox$ , по която става движението, избираме да съвпада с положението на задната кола в момента, когато предната започне за спира. В първия етап на процеса на спиране задната кола се движи равномерно със скорост  $v$ , а предната – равнозакъснително с ускорение  $a$ , така че след интервал време  $\tau$  координатите на двете коли ще бъдат съответно:

$$(1) \quad x_3^0 = vt \text{ – на задната, и}$$

$$(2) \quad x_n^0 = d + vt - \frac{1}{2}a\tau^2 \text{ – на предната.}$$

За да не се ударят колите още на този етап, е необходимо да бъде изпълнени условието  $x_n - x_3 > 0$ , т.е.:

$$(3) \quad d > \frac{1}{2}a\tau^2.$$

След момента  $t = \tau$  двете коли се движат равнозакъснително: задната с начална скорост  $v$ , а предната – с начална скорост  $(v - a\tau)$ . Ако започнем отчитането на времето от този момент, законите за движение на колите ще бъдат съответно:

$$(4) \quad x_3 = x_3^0 + vt - \frac{1}{2}at^2 = v\tau + vt - \frac{1}{2}at^2$$

$$(5) \quad x_n = x_n^0 + (v - a\tau)t - \frac{1}{2}at^2 = d + v\tau - \frac{1}{2}a\tau^2 + (v - a\tau)t - \frac{1}{2}at^2.$$

Като заместим тези изрази за  $x_3$  и  $x_n$  в условието, което осигурява колите да не се сблъскат ( $x_n - x_3 > 0$ ), получаваме неравенството:

$$(6) \quad d > a\tau + \frac{1}{2}a\tau^2.$$

Неговата дясна страна е растяща функция на времето и то ще бъде изпълнено, ако е изпълнено за максималната стойност на  $t$ , т.е. в момента  $t_0$ , в който задната кола спре. Този момент се определя от закона за скоростта при равнозакъснително движение:

$$(7) \quad 0 = v - at_0, \quad \text{т.е.} \quad t_0 = \frac{v}{a}.$$

Като заместим в (6)  $t$  с получения израз за  $t_0$ , получаваме, че задната кола няма да удари предната, ако

$$(8) \quad d > v\tau + \frac{1}{2}a\tau^2.$$

Ако това неравенство е изпълнено, то сигурно е изпълнено и неравенство (3), така че именно (8) “осигурява безопасността на движението”.

Резултатът показва, че безопасната дистанция между коли, движещи се в колона, е **линейна** функция на скоростта на движение. Обикновено времето  $\tau$  е малко (част от секундата). При това положение, ако спирането е аварийно, т.е. рязко, намалението на скоростта на предната кола за време  $\tau/2$  е малко спрямо самата скорост (т.е.  $\frac{1}{2}a\tau \ll v$ ) и вторият член в дясната страна на равенство (8) може да се пренебрегне спрямо първия. В този случай

**безопасната дистанция се оказва просто пропорционална на скоростта на движение.**

Този извод оправдава разпространеното в САЩ практическо правило, което ползват там шофьорите: “една кола разстояние за всеки 10 мили в час скорост” (3, с.95; 4, с. 260; 5, с. 325). Тъй като у нас се използват други единици за скорост и разстояние, подобно правило тук би звучало по-скоро така:

**“Половин кола разстояние за всеки 10 km/h скорост.”**

Наистина, ако приемем времето за реакция равно на  $\tau = 0,75$  s, за скорост 10 km/h от (8) (след пренебрегване на члена  $a\tau^2/2$ ), получаваме безопасна дистанция около 2 m, т.е. приблизително половин дължина на кола. Наличието на члена  $a\tau^2/2$  в (8) осигурява известен запас от сигурност.

И така:

**При два пъти по-голяма скорост – два пъти по-голяма безопасна дистанция между колите и четири пъти по-голям спирачен път.**

#### Литература:

1. Физика 8. клас. С., Просвета, 1996.
2. Физика 10. клас. С., Просвета, 1998.
3. **Malone J., D. Holzward.** The Physics Teacher, **36**, 1998.
4. **Lawrence R. W.** The Phys. Teacher, **36**, 1998.
5. **Schreve J.** The Phys. Teacher, **36**, 1998.