

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
Национално пролетно състезание по физика – Варна, 7 март 2015 г.
Решения на темата за 8. клас

Задача 1. Скок от Космоса

А) Общият път, изминат от спортиста, е равен на височината H , от която той скача:

$$s = 39000 \text{ m},$$

а общото време на падането е $t = 540 \text{ s}$. Следователно средната скорост е:

$$v_{\text{cp}} = \frac{s}{t} \approx 72 \text{ m/s}.$$

Б) От графиката отчитаме, че спортистът достига скоростта на звука $u = 290 \text{ m/s}$ след време $t_1 = 30 \text{ s}$. Следователно ускорението през този интервал е:

$$a = \frac{u}{t_1} \approx 9,67 \text{ m/s}^2,$$

а изминатият път:

$$s_1 = \frac{1}{2}at_1^2 = \frac{1}{2}ut_1 = 4350 \text{ m}.$$

Височината, на която той достига тази скорост, е:

$$h_1 = H - s_1 = 34650 \text{ m}.$$

В) Ускорението е по-малко от земното. За това има две причини:

- 1) На спортиста действа сила на съпротивление.
- 2) С отдалечаване от центъра на Земята ускорението на свободно падане намалява.

Г) Парашутът се отваря в момента, когато скоростта на спортиста рязко намалява, т.е. 260 s след началото на падането. Общото време на движение с отворен парашут е:

$$t_2 = 540 \text{ s} - 260 \text{ s} = 280 \text{ s}.$$

От графиката се вижда, че по време на спускането с парашута спортистът се движи равномерно със скорост:

$$v_2 = 10 \text{ m/s}.$$

Височината, на която се отваря парашутът, е равна на изминатия път от момента на отваряне на парашута до приземяването на спортиста, т.е.

$$h_2 = v_2t_2 = 2800 \text{ m}$$

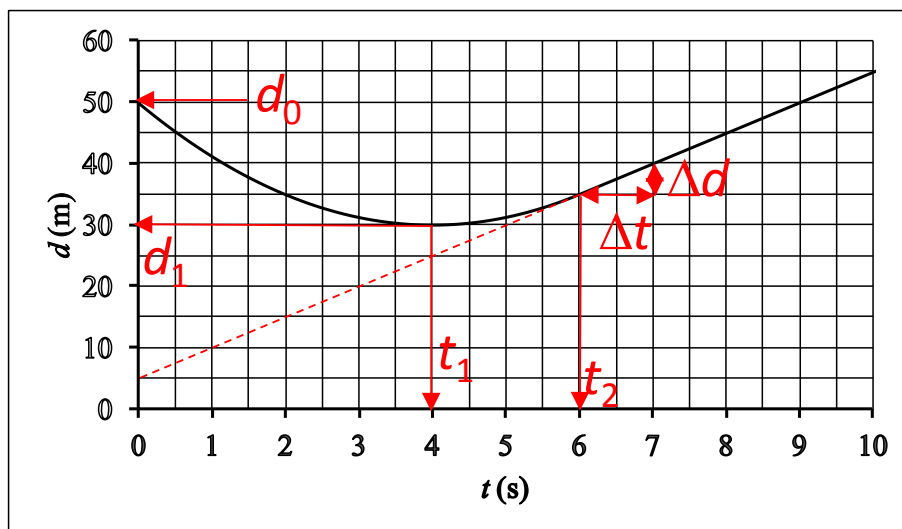
Д) Скоростта на спортиста се увеличава, докато силата на тежестта е по-голяма от силата на съпротивление на въздуха. Спортистът достига максимална скорост 370 m/s (50 s след скока), когато двете сили се изравняват по големина. Следователно:

$$F_1 = mg = 1078 \text{ N}.$$

След отварянето на парашута движението е равномерно, т.е. с нулево ускорение. От II принцип на Нютон следва, че през това време силата на тежестта и силата на съпротивление също се уравниават:

$$F_2 = mg = 1078 \text{ N}.$$

Задача 2. Настигането невъзможно



А) От графиката непосредствено се вижда, че най-малкото разстояние между автомобила и мотоциклета е:

$$d_1 = 30 \text{ m}$$

в момента:

$$t_1 = 4 \text{ s}$$

Б) През периода, когато мотоциклетът се ускорява, скоростта му нараства по закона:

$$v_M = at$$

Докато скоростта на автомобила е по-голяма от тази на мотоциклета, разстоянието между тях намалява. То става най-малко в момента, когато скоростите на мотоциклета и автомобила се изравнят. Следователно:

$$v_1 = at_1$$

Ако означим началното разстояние между автомобила и мотоциклета с d_0 , разстоянието между тях в по-късен момент се дава със съотношението:

$$d = d_0 - s_A + s_M$$

където s_A и s_M са съответно пътищата, изминати от автомобила и мотоциклета. Пътят, изминат от автомобила, се дава с формулата:

$$s_A = v_1 t$$

а на мотоциклета, докато се движи равноускорително, с израза:

$$s_M = \frac{at^2}{2}$$

Следователно за най-малко разстояние между мотоциклета и автомобила получаваме:

$$d_1 = d_0 - v_1 t_1 + \frac{at_1^2}{2}$$

Като вземем предвид, че $d_0 = 50 \text{ m}$, и като заместим стойностите на t_1 и d_1 , получаваме следната система уравнения:

$$v_1 = (4 \text{ s}) \cdot a$$

$$(4 \text{ s}) \cdot v_1 - (8 \text{ s}^2) \cdot a = 20 \text{ m}$$

Оттук намираме търсените величини:

$$v_1 = 10 \text{ m/s}$$

$$a = 2,5 \text{ m/s}^2$$

Алтернативно решение

От графиката определяме, че $d_0 = 50 \text{ m}$, след което отчитаме разстоянието между мотоциклета и автомобила в два по-късни момента, например, както е дадено в таблицата.

$t \text{ (s)}$	$d \text{ (m)}$
2	35
4	30

Като вземем предвид, че разстоянието се мени по закона:

$$d = d_0 - v_1 t + \frac{at^2}{2}$$

и заместим двете стойности за времето и съответните им разстояния, получаваме следната система:

$$(2 \text{ s}) \cdot v_1 - (2 \text{ s}^2) \cdot a = 15 \text{ m}$$

$$(4 \text{ s}) \cdot v_1 - (8 \text{ s}^2) \cdot a = 20 \text{ m}$$

от които намираме скоростта на автомобила и ускорението на мотоциклета:

$$v_1 = 10 \text{ m/s}$$

$$a = 2,5 \text{ m/s}^2$$

В) След като мотоциклетът започне да се движи с постоянна скорост v_2 , за даден интервал от време Δt , той изминава път $\Delta s_M = v_2 \Delta t$. За същото време автомобилът изминава път $\Delta s_A = v_1 \Delta t$. Следователно, след момента t_2 , за равни интервали време Δt , разстоянието между автомобила и мотоциклета нараства с една и съща стойност:

$$\Delta d = (v_2 - v_1) \Delta t$$

До този извод може да се стигне и, ако ученикът съобрази, че относителната скорост на мотоциклета спрямо автомобила е постоянна и равна на $v_0 = v_2 - v_1$. От графиката се вижда, че търсеният момент е:

$$t_2 = 6 \text{ s}$$

защото след него за всеки интервал от $\Delta t = 1 \text{ s}$ разстоянието нараства с една и съща стойност $\Delta d = 5 \text{ m}$. До този извод можем да стигнем и от факта, че след този момент графиката на разстоянието от времето е права линия. Оттук следва, че:

$$v_2 - v_1 = 5 \text{ m/s}$$

и така намираме крайната скорост на мотоциклета:

$$v_2 = 15 \text{ m/s}$$

Скоростта на мотоциклета може да бъде намерена и от закона за скоростта през първите 6 секунди от движението:

$$v_2 = at_2 = 15 \text{ m/s}$$

Задача 3. Забиване на пирон

А) Преди чукът да удари пилона, му действат две сили с еднакви посоки – силата на тежестта G и силата F . От втория принцип на Нютон:

$$ma_1 = mg + F$$

изразяваме ускорението, с което пада чукът:

$$a = g + \frac{F}{m} = 50 \text{ m/s}^2$$

Времето, за което пада чукът е:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{a}}$$

а скоростта, която достига:

$$v_0 = at = \sqrt{2ah} = 5 \text{ m/s}$$

Б) От III принцип на Нютон следва, че по време на удара пилона действа на чука със сила на реакция, която е равна по големина на силата P , но е насочена вертикално нагоре.

Следователно на чука действат две сили – силата на тежестта и силата на реакция, които са насочени противоположно една на друга. Под тяхно действие чукът извършва равнозакъснително движение с ускорение a_1 , което удовлетворява II принцип на Нютон:

$$ma_1 = P - mg$$

Ако означим с t_1 времето на удара, от законите за равнозакъснително движение имаме:

$$0 = v_0 - a_1 t_1;$$

$$l = v_0 t_1 - \frac{a_1 t_1^2}{2}.$$

Отгук намираме:

$$a_1 = \frac{v_0^2}{2l} = 250 \text{ m/s}^2.$$

Следователно:

$$P = ma_1 + mg = 260 \text{ N}$$

В) Преди чукът да удари пилона, дърводелецът извършва работа за ускоряване на чука:

$$A_1 = Fh = 10 \text{ J}$$

За да забие следващ пирон обаче, дърводелецът трябва да издигне чука на височина

$$H = h + l$$

над нивото на дъската. При това той повдига чука със сила, равна по големина на силата на тежестта:

$$G = mg$$

и извършва работа:

$$A_2 = mgH = 3 \text{ J}$$

Следователно общата работа, която извършва дърводелецът, за да забие N пилона, е:

$$A = N(A_1 + A_2) = 13\,000 \text{ J} = 13 \text{ kJ}$$