

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА

Национално есенно състезание по физика

София, 7-9 ноември 2025 г.

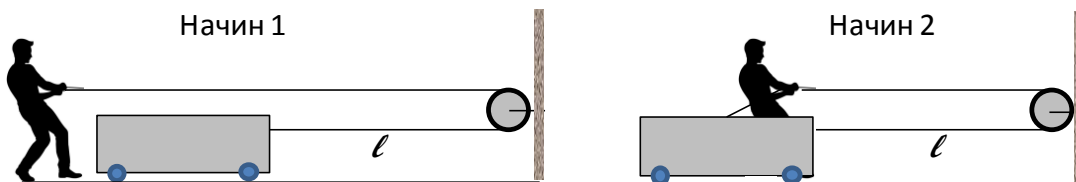
Тема за четвърта състезателна група (10. клас)

Във всички задачи от темата приемете, че земното ускорение е  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ .

**Задача 1. Бързо, по-бързо, най-бързо**

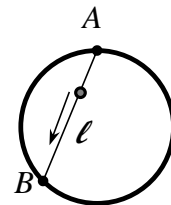
а) Към натоварена с пясък количка с обща маса  $M = 100 \text{ kg}$  е завързано дълго въже, което преминава през свободно въртяща се макара, закрепена на стена на разстояние  $\ell$  от количката (фиг. 1 (а)). Работник с маса  $m = 80 \text{ kg}$  трябва да придвижи количката до стената, като дърпа свободния край на въжето със сила  $F = 240 \text{ N}$ . За целта той може да постъпи по два начина: 1) да дърпа въжето, докато стои неподвижен на земята; 2) да се качи на количката и дърпайки въжето да се „вози“ на нея до стената.

При кой от двата начина на придвижване количката ще стигне до стената по-бързо? Докажете отговора си с пресмятания. Приемете, че при търкаляне на колелата на количката по земята им действа сила на триене с коефициент  $k = 0,2$ . [5,0 т]



Фиг. 1 (а)

б) Между най-високата точка  $A$  от вертикален обръч с радиус  $R$  и друга точка  $B$  от обръча е опъната тънка метална жичка с дължина  $\ell$  ( $\ell \leq 2R$ ). На жичката е нанизано леко мънисто, което може да се хлъзга по нея без триене. При каква дължина на жичката мънистото ще стигне от т.  $A$  до т.  $B$  за най-малко време, ако започне да се хлъзга без начална скорост?



[3,0 т]

Фиг. 1 (б)

в) Алпинист трябва да се придвижи между две вертикални скали на разстояние  $a$  една от друга, като се хлъзга по опънато между скалите въже. Колко трябва да бъде разликата  $h$  между височините на двата края на въжето, така че алпинистът да стигне до другата скала за най-малко време? Колко е това минимално време? Приемете, че въжето не се огъва от тежестта на алпиниста и хлъзгането е без триене. [2,0 т]

**Задача 2. Махало**

На фиг. 2 (а) е изобразено математично махало с дължина на нишката  $l = 56 \text{ cm}$ . В началния момент ( $t = 0$ ) махалото е отклонено от равновесното му положение и на окаченото тяло е придадена начална скорост  $v_0$  в показаната на фигурата посока. На фиг. 2 (б) е дадена графика на зависимостта на отклонението  $x$  на окаченото тяло спрямо вертикалата, минаваща през точката на окачване, от времето  $t$  за определен интервал след началото на движението.

а) На графиката от фиг. 2 (б) няма нанесени числени стойности по абсцисата. На колко секунди съответства едно малко скално деление от абсцисата? [2,0 т]

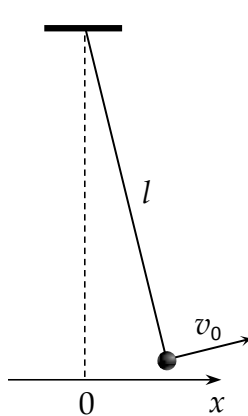
б) Като използвате модела от фиг. 2 (а), начертайте схематично положението на махалото и посоката на скоростта му в момента  $t = 1,2$  s. [2,5 т]

в) На колко е равна началната скорост  $v_0$  на окаченото тяло? [3,5 т]

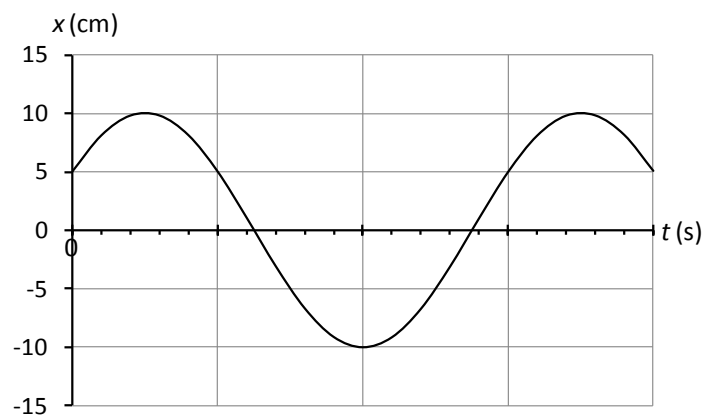
г) Вместо на тавана, махалото е окачено на твърда вертикална стена, както е показано на фиг. 2 (в). То е отклонено на същото разстояние и е пуснато да се люлее със същата начална скорост, както в случая, показан на фиг. 2 (а). При удар със стената окаченото тяло отскача в противоположна посока със скорост, два пъти по-малка от скоростта, с която се е движило преди удара. Определете времето  $t_5$ , изминало от началния момент до момента на петия поред удар със стената. [2,0 т]

Указания

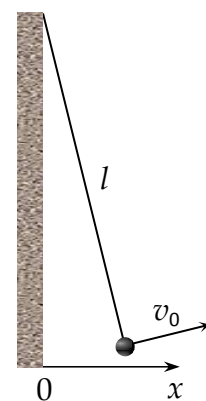
- Всички крайни числени отговори в **тази** задача закръгляйте до две значещи цифри, например  $1,7 \cdot 10^4$ , 0,041 или 3,0.
- Ако  $|a| < 0,1$ , може да използвате следната приблизителна формула за коренуване  $\sqrt{1+a} \approx 1 + a/2$ , която дава резултат с точност до втория знак след десетичната запетая.



Фиг. 2 (а)



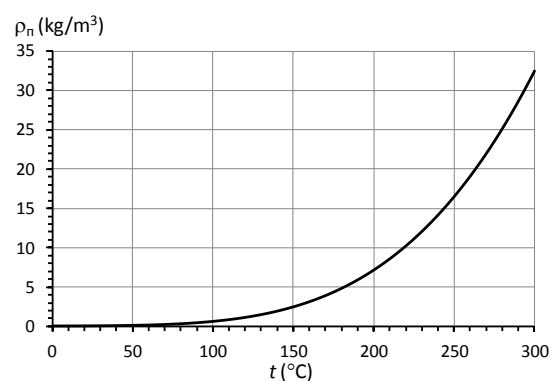
Фиг. 2 (б)



Фиг. 2 (в)

### Задача 3. Парен локомотив

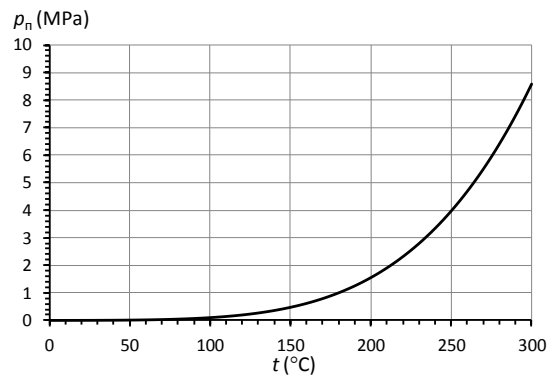
От опит знаете, че водата в отворен към атмосферата съд се изпарява напълно след достатъчно дълго време. Ако съдът обаче е затворен, изпаряването продължава докато водните пари в съда достигнат определена максимална плътност  $\rho_{\text{п}}$ . Тогава казваме, че в съда има *наситени* водни пари. На фиг. 3 (а) е показана графика на зависимостта на плътността  $\rho_{\text{п}}$  на наситените водни пари от температурата  $t$  на водата, а на фиг. 3 (б) – на налягането  $p_{\text{п}}$ , което наситените водни пари упражняват върху стените на съда.



Фиг. 3 (а)

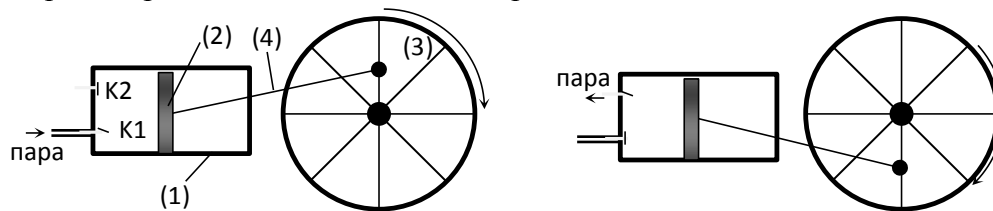
При решаването на задачата, трябва да използвате както данните от двете графики, така и следните константи:

- специфична топлина на изпарение на водата,  $r = 2,6 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$ ;
- нормално атмосферно налягане,  $p_a = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ;
- специфична топлина на изгаряне на въглищата\*,  $q = 3,0 \cdot 10^7 \text{ J/kg}$ .



Фиг. 3 (б)

\* Специфичната топлина  $q$  на изгаряне на дадено гориво е количеството топлина, което се отделя при изгаряне на единица маса от горивото.



Фиг. 3 (в)

На фиг. 3 (в) е илюстриран един цикъл от работата на парна машина, подобна на машините, които били използвани в парните локомотиви в миналото. В голям котел (не е показан на фигурата) се намира вода, която се загрява от изгарящи въглища до температура  $t = 230^\circ\text{C}$ . Получената в котела наситена пара минава през клапана K1 и попада в цилиндъра (1) с обем  $V = 10 \text{ l}$ , в който се движи буталото (2). Парата избутва буталото от левия до десния край на цилиндъра. След това клапанът K1 се затваря, а се отваря клапанът K2, през който парата бързо излиза в атмосферата и буталото се връща отново в левия край на цилиндъра. После K2 отново се затваря, K1 се отваря и цикълът на работа на машината се повтаря. При движението си между двата края на цилиндъра, буталото задвижва колелата (3) на локомотива посредством лоста (4). Радиусът на колелата е  $R = 30 \text{ cm}$  и при движението на локомотива те се търкалят по релсите, без да се хлъзгат по тях. Може да приемете, че в котела и в цилиндъра няма въздух, а само пара. Извън цилиндъра има въздух при нормално атмосферно налягане.

- а) Каква маса  $m$  вода се изпарява в котела за един работен цикъл на машината? [1,5 т]
- б) Каква маса  $M_1$  вода трябва да побира котелът, за да може локомотивът да измине разстоянието  $L = 330 \text{ km}$  от София до Бургас, без да се долива вода? [1,5 т]
- в) Каква минимална маса  $M_2$  въглища е нужна за това пътуване? [1,5 т]
- г) Колко е коефициентът  $\eta$  на полезно действие на парната машина? Изразете отговора в проценти? [3,0 т]
- д) Колко е полезната механична мощност  $P$  на парната машина, ако локомотивът се движи с постоянна скорост  $v = 50 \text{ km/h}$ ? [2,5 т]