

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА  
НАЦИОНАЛНО ЕСЕННО СЪСТЕЗАНИЕ ПО ФИЗИКА

17 – 19 ноември 2023 г., Копривщица  
Тема за V състезателна група (11. клас)

*Всички задачи са съставени от две независими части!*

**Задача 1. Механика**

**Част I** Двама работници трябва да изгребват водата от цилиндричен кладенец с помощта на малка кофа, закачена на въже. Първо единият изважда определено количество вода от кладенеца, след което вторият работник изгребва останалата вода. Дълбочината на кладенеца е  $d = 7 \text{ m}$ , а височината на водния стълб в кладенеца е  $h = 6 \text{ m}$ . Колко пъти повече вода трябва да изгребе първият работник в сравнение с втория, за да може двамата да извършат една и съща работа? Използвайте, че гравитационната потенциална енергия на цилиндричен воден стълб съвпада с потенциалната енергия на материална точка с маса, равна на масата на стълба, намираща се в средата на стълба във вертикално направление. Приемете, че водата се загребва от нейната повърхност и се издига от работника до горния край на кладенеца. Масата на кофата и въжето да се пренебрегне. [3,5 т.]

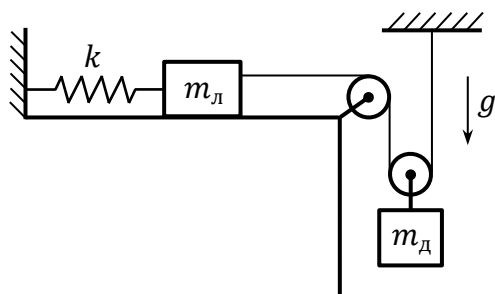
**Част II** Футболна топка лежи първоначално на земята. В даден момент топката е ритната с неизвестна начална скорост  $v_0$  под ъгъл  $\alpha = 30^\circ$  спрямо хоризонта. В същия момент топче е хвърлено *вертикално надолу* с начална скорост  $v_0/2$  от височина  $H = 20 \text{ m}$  над земната повърхност. Двете тела се удрят в момента, когато футболната топка достига максимална височина на издигане. Може да използвате, че земното ускорение е  $g \approx 10 \text{ m/s}^2$ . Съпротивлението на въздуха да се пренебрегне.

а) На колко е равно разстоянието  $D$  между футболната топка и топчето в началото? [3,5 т.]

б) Намерете стойността на началната скорост  $v_0$  на футболната топка. [1,5 т.]

в) Определете изминалото време  $t$  от началото на движението до момента на удара между телата. На каква височина  $h_{\max}$  над земята се сблъскват футболната топка и топчето? [1,5 т.]

**Задача 2. Трептящи системи**

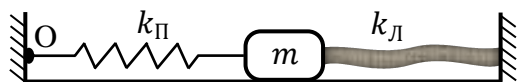


**Част I** Две трупчета са свързани по начина, показан на фигурата вляво. Лявото трупче (с маса  $m_l = 0,75 \text{ kg}$ ) може да се хлъзга без триене по хоризонтална плоскост, като отляво е свързано за неподвижно закачена безмасова пружина с коефициент на еластичност  $k = 100 \text{ N/m}$ , а отдясно се дърпа от безмасова и неразтеглива нишка. Нишката минава първо през неподвижна безмасова макара, а след това през подвижна безмасова макара,

на която е закачено дясното трупче с маса  $m_d = 1 \text{ kg}$ . Десният край на нишката е неподвижно закачен за тавана. Може да приемете, че земното ускорение  $g \approx 10 \text{ m/s}^2$ . Съпротивлението на въздуха да се пренебрегне.

а) Намерете с колко е разтегната пружината в равновесното състояние на системата. [1,5 т.]

б) Лявото трупче е отместено на малко разстояние от равновесното си положение. Колко е периодът  $T$  на хармоничните трептения на системата? [3,5 т.]



**Част II** Теглилка с неизвестна маса  $m$  е закачена за безмасова пружина с коефициент на еластичност  $k_{\text{П}}$  и безмасов ластик, както е показано на фигурата.

Теглилката може да се хлъзга без триене по хоризонталната повърхност. Ластикът се държи като пружина с коефициент на еластичност  $k_{\text{Л}}$  в разтегнато състояние, но в неразтегнато състояние не влияе на движението на теглилката (няма действаща сила от страна на отпуснатия ластик). Дадено е, че когато теглилката е в равновесие, на нея не действат никакви сили от страна на пружината или ластика, като ластикът е изпънат (не е отпуснат). С други думи, в равновесно положение разстоянието от теглилката до дясната стена е точно равно на дължината на неразтегнатия ластик.

Системата е приведена в движение по протежение на пружината и ластика, като теглилката трепти с максимална скорост  $v_{\text{max}}$ . Големината на максималната сила, приложена в точката на окачване на пружината (т. О) по време на трептенето, е  $F_{\text{max}}$ .

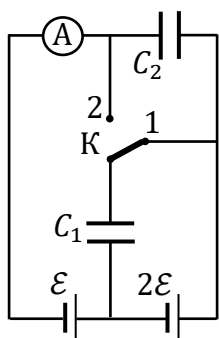
а) Намерете масата  $m$  на теглилката. [2 т.]

б) На колко е равно разстоянието  $d$  между крайното ляво положение на теглилката и нейното крайно дясно положение по време на трептенето? [1,5 т.]

в) Определете периода  $T$  на хоризонталните трептения на теглилката. [1,5 т.]

### Задача 3. Електрически вериги

**Част I** Батерия с неизвестно електродвижещо напрежение  $\mathcal{E}$  и неизвестно вътрешно съпротивление  $r$  е свързана с резистор със съпротивление  $R = 1 \Omega$ , при което в резистора се отделя мощност  $P_1 = 10 \text{ W}$ . Ако свържем последователно две такива батерии със същия резистор, мощността в резистора става тройно по-голяма. Намерете напрежението  $\mathcal{E}$  и съпротивлението  $r$ . [4,5 т.]



**Част II** Два кондензатора (с капацитети  $C_1 = 2 \text{ mF}$  и  $C_2 = 3 \text{ mF}$ ), две батерии (с неизвестни електродвижещи напрежения  $\mathcal{E}$  и  $2\mathcal{E}$ ), идеален амперметър и ключ К са свързани по начина, показан на фигурата вляво. В началото ключът е в положение 1, при което зарядът на долния кондензатор е  $q_1 = 6 \text{ mC}$ .

а) Намерете напрежението  $\mathcal{E}$  на лявата батерия и заряда  $q_2$  на горния кондензатор в тази ситуация. [2 т.]

б) Ключът е превключен в положение 2. На колко е равен общият заряд  $Q$ , който протича през амперметъра след превключването? [2,5 т.]

в) Коментирайте какво се случва с всяка една от двете батерии след превключването – разреждат ли се, зареждат ли се или остават със същия заряд. [1 т.]