

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА  
НАЦИОНАЛНО ЕСЕННО СЪСТЕЗАНИЕ ПО ФИЗИКА

8-10 ноември 2019 г., гр. Велико Търново

ТЕМА 11-12 клас

**Задача 1. Генериране и пренос на електрична енергия**

Водноелектрическата централа (ВЕЦ) представлява наклонена тръба, в основата на която се намира турбина. По тръбата тече вода, която върти турбината и така произвежда електрична енергия. Намерете:

а) обемния дебит на водата,  $Q = \frac{\Delta V}{\Delta t}$ , където  $\Delta V$  е преминалият през напречното сечение обем течност за време  $\Delta t$ . Приемете, че в тръбата се влива река, чието корито има сечение  $S$ , а скоростта на реката е  $v$ ;

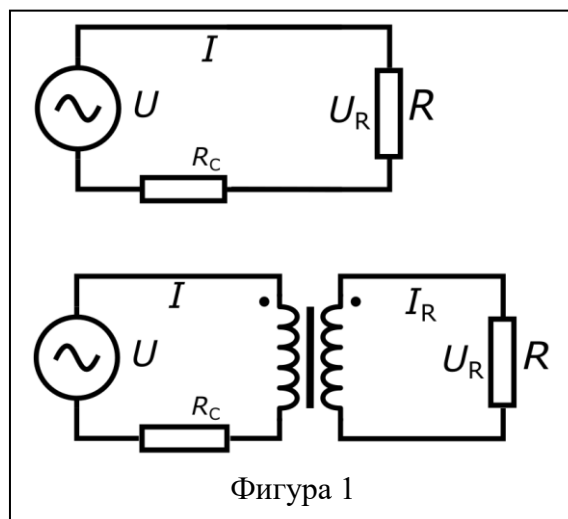
б) генерираната от ВЕЦ полезна електрична мощност  $P$ . Коефициентът на полезно действие на турбината е  $\eta$ , денивелацията на горния край на тръбата, мерена спрямо долния, е  $H$ , плътността на водата е  $\rho$ , земното ускорение е  $g$ . Приемете, че водата отдава изцяло механичната си енергия на турбината.

На фигура 1 (горе) е показан модел на електропреносна система, в която има източник на променливо напрежение с ефективна стойност  $U$ , проводници, които може да бъдат представени като съпротивление с големина  $R_C$ , и консуматор със съпротивление  $R$ . Намерете:

в) мощността  $P_R$ , която се отделя в консуматора, изразена чрез мощността  $P$  на източника и съпротивленията  $R$  и  $R_C$ .

На фигура 1 (долу) е показан опростен модел на съвременна електропреносна мрежа, която съдържа един трансформатор. Левият кръг, свързан към първичната намотка, е предвиден да пренася електроенергията на големи разстояния – от електроцентралата до града или квартала, в който електроенергията се консумира. За да се намали загубата на енергия под формата на топлина, отделена в проводниците, в този кръг електроенергията се пренася под много високо напрежение. Ролята на трансформатора е да понижи напрежението до безопасни стойности (напр. 220 V), които са много пъти по-ниски от напреженията в преносния кръг, и са подходящи за консумация в битови условия (десен кръг). Намерете:

г) мощността  $P_R$ , която черпи консуматорът, изразена чрез мощността  $P$  на източника, съпротивленията  $R$  и  $R_C$ , и коефициента  $\alpha = U_1/U_2$  на трансформация, където  $U_1$  и  $U_2$  са съответно ефективните стойности на напрежението в първичния и вторичния кръг на трансформатора. Обърнете внимание, че за понижаващ трансформатор  $\alpha > 1$ , т.е. напрежението при консуматора е по-ниско от преносното.



## Задача 2. Космически спътник

Спътник обикаля по *ниска* екваториална орбита около Земята. Наблюдател е застанал на Екватора и наблюдава Луната, която се намира точно над главата му. Той забелязва, че спътникът пресича диска на Луната, който е с ъглов диаметър  $\phi$ , за време  $t$ . Радиусът на Земята е  $R$ . В подточки а, б, в и г пренебрегнете околоосното въртене на Земята. Намерете:

а) видимата ъглова скорост на спътника  $\omega_V$ ;

б) ъгловата скорост на спътника спрямо центъра на Земята  $\omega_0$ . Приемете, че спътникът обикаля на височина  $H$ .

Наблюдателят забелязва, че спътникът пресича целия небосклон за време  $T_V$ . Изведете приблизителни формули за:

в) височината  $H$  на спътника, измерена спрямо земната повърхност;

г) орбиталната скорост  $V_0$  на спътника и периода  $T_0$  на обикаляне на спътника около Земята.

В следващата подточка отчетете околоосното въртене на Земята, чиято ъглова скорост е  $\omega_E$ . Посоката на орбиталното въртене на спътника съвпада с посоката на околоосното въртене на Земята.

д) Намерете истинския период на въртене на спътника  $T_R$ .

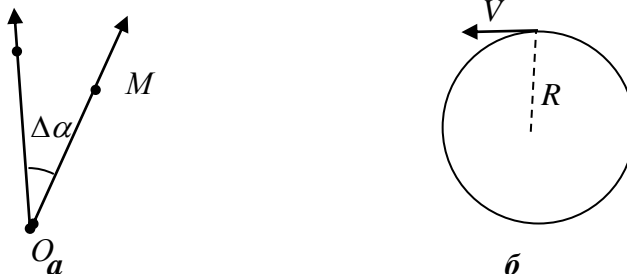
### **Упътване:**

1) Ъгловата скорост  $\omega$  на движещо се тяло  $M$  спрямо дадена точка  $O$  се определя като:

$$\omega = \frac{\Delta\alpha}{\Delta t},$$

където  $\Delta\alpha$  е ъгълът, на който се завърта лъчът, свързващ точката с тялото за интервал от време време  $\Delta t$  (фиг. 2, а). Прието е ъгълът да се измерва в радиани (rad), а ъгловата скорост – в радиани за секунда (rad/s). Видима ъглова скорост е ъгловата скорост на тяло спрямо око на наблюдателя. За тяло, което обикаля по окръжност с радиус  $R$ , връзката между ъгловата скорост (измервана в радиани за секунда) и скоростта му е  $V = \omega R$  (фиг. 2 б).

2) Ниска орбита означава, че  $H/R \ll 1$ . В този случай ъгълът  $\phi$ , на който се завърта спътникът спрямо центъра на Земята, е много малък. Използвайте приближенията  $\cos x \approx 1 - \frac{x^2}{2}$  и  $\frac{1}{1+x} \approx 1 - x$ , където  $x$  е малък ъгъл, изразен в радиани ( $x \ll 1$ ).



Фиг. 2

## Задача 3. Механика

### Част 1

Топка А е хвърлена вертикално надолу със скорост  $V_A$ , а топка В – вертикално нагоре със скорост  $V_B$ . Топките са хвърлени едновременно. В момента на хвърлянето топките се намират съответно на височини  $H_A$  и  $H_B$  над земята, като  $H_A > H_B$ . Намерете:

- а) след колко време  $t_0$  ще се сблъскат топките, измервано от момента на хвърляне;
- б) каква е скоростта на всяка топка при сблъсъка,  $V'_A$  и  $V'_B$ ;
- в) на каква височина  $H$  над земята ще се сблъскат топките. Изисква се единствено числена стойност за  $H_A = 100$  m,  $H_B = 1$  m,  $V_A = 16$  m/s,  $V_B = 17$  m/s и  $g = 10$  m/s<sup>2</sup>.

### Част 2

Ракета А е изстреляна с ускорение  $a_A$ , а след време  $T$  е изстреляна и ракета В с ускорение  $a_B$ , като  $a_A < a_B$ . Ракетите се движат вертикално нагоре. Намерете колко време след изстрелването на ракета А ракета В настига ракета А.

### Част 3

Пръчка е подпряна едновременно на хоризонтална и наклонена повърхности, които сключват ъгъл  $\alpha$  помежду си (фигура 2). Пръчката е под наклон  $\theta$  и може да се движи свободно. С каква скорост се движи горният десен край на пръчката  $V'$ , ако долният ляв се движи със скорост  $V$ ?

