

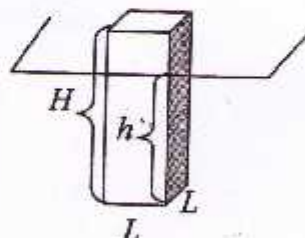
МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
Национално есенно състезание по физика
Стара Загора, 22-23 ноември 2008 г.

Специална тема

Задача 1. Устойчивост при плаване

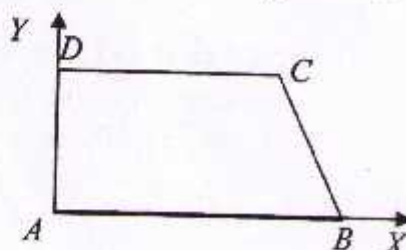
а) Еднороден паралелепипед с плътност ρ , размери на основата $L \times L$ и височина H е потопен във вода с плътност ρ_0 ($\rho \leq \rho_0$). Височината на паралелепипеда е перпендикулярна на водната повърхност. Получете израз за дълбочината на потапяне h на долната основа като функция на H , ρ и ρ_0 .

[1.0 т]



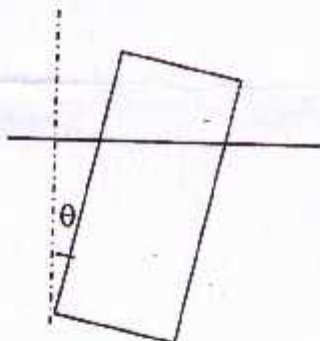
б) Помощна задача. Дадена е еднородна тънка пластина $ABCD$ с формата на трапец с прав ъгъл при върха A . Дължините на основите са $AB = a$ и $CD = b$, а височината е $AD = L$. Осите X и Y на координатната система са по страните AB и AD съответно. Изразете координатите x_M и y_M на центъра на масата на пластината като функция на a , b и L .

[2.0 т]



в) Тялото, описано в т. а), е наклонено така, че височината му да сключва ъгъл θ с вертикалата и два от ръбовете на основата му остават хоризонтални. Тялото е потопено на такава дълбочина, че резултантната сила, която му действа е нула. Изразете въртящия момент, който действа на тялото като функция на H , ρ , ρ_0 и θ .

[3.0 т]



г) При какви стойности на отношението L/H вертикалното положение на паралелепипеда е устойчиво? Изразете отговора чрез ρ и ρ_0 .

[2.0 т]

д) От материал с каква плътност ρ трябва да бъде изработен куб, който да плава устойчиво във вода, когато две от основите му са хоризонтални? Плътността на водата е $\rho_0 = 1000 \text{ kg/m}^3$.

[2.0 т]

Задача 2. Маглев – влак

“Маглев” не е име на изобретател, а съкращение от *магнитна левитация* – съвременна технология, която позволява на влака да “виси” на около 10 cm над релсите благодарение на система от отблъскващи се магнити. Задвижването на такъв влак не може да стане по традиционен начин – чрез колела, а се осъществява по индукционен начин. На фигурата е показана принципната схема на задвижващата система на влака. Под релсите през еднакви разстояния $a = 2.0 \text{ m}$ са разположени намотки, на които се подават променливи напрежения с еднакви амплитуди, с честота $\nu = 50 \text{ Hz}$, но фази, отместени на 120° между всеки две последователни намотки (трифазно напрежение). В резултат от това над релсите се

създава магнитно поле, чиято вертикална компонента B_z се изменя като функция на времето t и на координатата x по закона:

$$(1) \quad B_z = B_0 \sin(\omega t - kx),$$

където $B_0 = 0.2$ Т е амплитудата на магнитната индукция. В локомотива е разположена хоризонтално квадратна метална рамка, наречена *екситор*, с дължина на страната $L = 3$ m. Съпротивлението на рамката е $R = 0.001$ Ω . Индуктивността на рамката се пренебрегва.

Приемете, че върху влака действа сила на съпротивление на въздуха, пропорционална на квадрата на скоростта му:

$$(2) \quad f = Cv^2,$$

като $C = 2.0$ kg/m е коефициент на пропорционалност.

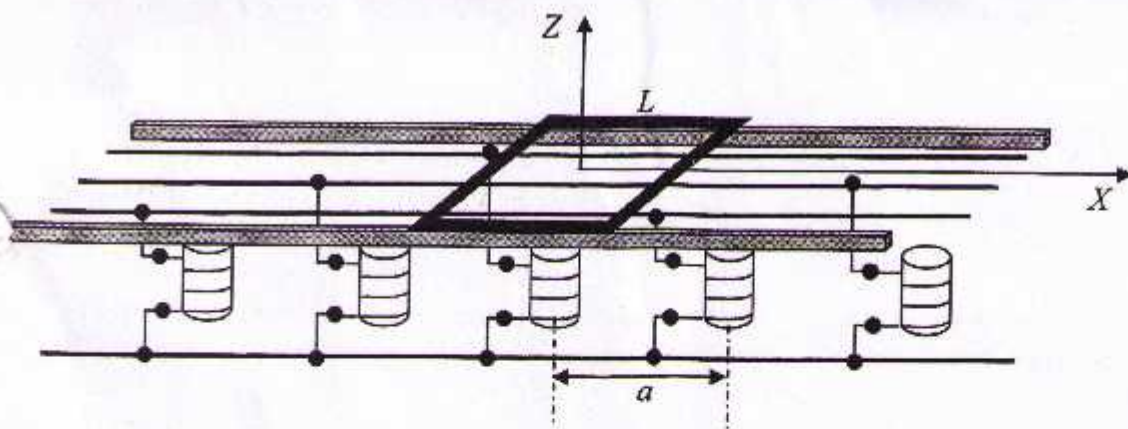
а) Изразете величините ω и k чрез честотата ν на променливото напрежение и разстоянието a между намотките. [1.0 т]

б) Приемете, че локомотивът е неподвижен и центърът на рамката има координата $x = 0$ m. Получете израз за индуцираното в рамката напрежение U като функция на времето и на параметрите B_0 , L , ω , k , a . [1.5 т]

в) Получете израз за средната по времето магнитна сила $\bar{F}$, която действа на рамката. Изразете отговора чрез B_0 , L , ω , k , a . [3.0 т]

г) Приемете, че влакът се движи със скорост v в положителна посока на оста X . Като използвате резултата от т. в), получите израз за средната магнитна сила, действаща на рамката като функция на скоростта v . [3.0 т]

д) Пресметнете числено максималната скорост $v_{\max}$, която може да достигне влакът. [1.5 т]



Задача 3. Вечен двигател от II род???

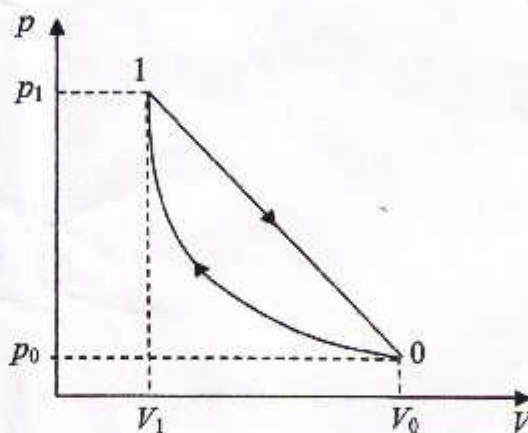
Топлинен двигател извършва кръгов процес, изобразен на p - V диаграмата. Работното вещество на двигателя е въздух. В състояние 0 обемът на въздуха е $V_0 = 2.0 \text{ л}$, а налягането му – равно на атмосферното налягане $p_0 = 1.0 \times 10^5 \text{ Па}$. Въздухът се свива адиабатно до състояние 1 с обем

$$V_1 = \frac{V_0}{k}, \text{ където } k \text{ е т. нар. степен на}$$

сгъстяване. В състояние 1 във въздуха се впръсква малко количество гориво, при изгаряне на което въздухът започва да се разширява, докато достигне

началния си обем. Процесът $1 \rightarrow 0$ се изобразява на p - V диаграмата с права линия.

Приемете, че въздухът е идеален газ от двуатомни молекули, за които могат да се пренебрегнат колебателните степени на свобода.



а) Получете израз за налягането p_1 на газа в състояние 1 като функция на p_0 и k .

[2.0 т]

б) Получете израз за мощността P на двигателя като функция на p_0 , V_0 , k и работната честота ν (броят работни цикли за единица време). Пресметнете мощността при $k = 10$ и $\nu = 1800 \text{ цикъла/мин}$.

[3.0 т]

в) За процеса $1 \rightarrow 0$ на разширение получите израз за температурата T на газа като функция на обема V , температурата T_0 в състояние 0 и на параметрите V_0 и k .

[1.5 т]

г) Пресметнете числено коефициента на полезно действие η на двигателя при степен на сгъстяване $k = 10$.

[3.5 т]