

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
Национално есенно състезание по физика
София, 17 – 19 ноември 2006 г.
Специална тема

Задача 1. Спиране на автомобил.

Автомобил с маса m се движи със скорост v_0 , когато внезапно спира. Радиусът на колелата му е r , разстоянието между центровете на предните и задните колела е l , а центърът на масата му е на височина h от шосето, на равни разстояния от колелата. Коефициентът на триене при хлъзгане е k . Силата на триене при търкаляне е пренебрежимо малка. Намерете:

а) спирачния път L . Приемете, че всички колела се хлъзгат през цялото време на спирането. [2 т]

б) в какъв интервал трябва да е стойността на коефициента на триене за да не се отлепят задните колела от шосето. [3 т]

в) спирачния път L_1 , ако спирачките действат само на предните колела. Отговорът изразете чрез L , k , h и l . [2 т]

г) спирачния път L_2 , ако спирачките действат само на задните колела. Отговорът изразете чрез L , k , h и l . [2 т]

д) изчислете L_1 и L_2 , ако $k = 0,8$, $h = l/4$ и $L = 20$ m. [1 т]

Задача 2. Токове на Фуко.

Цилиндър с радиус r_0 , дължина h ($h \gg r_0$), специфично съпротивление ρ и коефициент на топлопроводност κ е поставен в променливо магнитно поле, изменящо се по закона:

$$\vec{B} = \vec{B}_0 \sin(\omega t)$$

Векторът $\vec{B}_0$ е успореден на оста на цилиндъра. Индуктивността на цилиндъра се пренебрегва. Намерете:

а) плътността на тока $j(r)$ в тънък слой от цилиндъра с радиус r и дебелина dr . [2 т]

б) мощността $dP(r)$ отделяща се в този тънък слой. [1 т]

в) мощността P (усреднена по времето), отделяща се в целия цилиндър [1 т]

г) след известно време температурата на цилиндъра във всяка една негова точка престава да се променя. Ако цилиндърът излъчва като идеално черно тяло във вакуум с нулева температура, намерете температурата на неговата околна повърхност $T(r_0)$ и я пресметнете.

$$\omega = 314 \text{ s}^{-1}, \quad |\vec{B}_0| = 1 \text{ T}, \quad h = 1 \text{ m}, \quad r_0 = 5 \text{ mm}, \quad \rho = 1,55 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}, \quad \sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4},$$

$$\kappa = 400 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \quad [1 \text{ т}]$$

д) нека уравнението, описващо зависимостта на температурата $T(r)$ в дадена точка, е следното:

$$\frac{1}{r} \frac{dT(r)}{dr} + \frac{d^2 T(r)}{dr^2} = -\frac{1}{\kappa} \frac{dP(r)}{dV}, \quad \text{където } \frac{dP(r)}{dV} \text{ е отделената мощност от токовете на}$$

Фуко в единица обем на разстояние r от оста. Нека функцията $T(r)$ е от вида:

$$T(r) = A - Br^4, \quad A \text{ и } B - \text{константи.}$$

Намерете разликата ΔT между температурата на оста на цилиндъра $T(0)$ и на неговата повърхност $T(r_0)$. Ефектът от крайната дължина на цилиндъра се пренебрегва. [3 т]

е) приемете, че порядъка на отношението на амплитудата на магнитното поле B_0 , което създават индуцираните токове на оста на цилиндъра, към амплитудата на външното магнитно поле B_0 е критерий за възможността да се пренебрегне индуктивността на цилиндъра. Намерете това отношение и оценете дали при дадените параметри на задачата, това пренебрегване е приемливо. Ефектът от крайната дължина на цилиндъра се пренебрегва. [2 т]

Задача 3. Елементарни частици и кварки.

I. Зарядите (електричен Q , барионен B , проекция на изотопичния спин T_z и странност S) на една елементарна частица са равни на сумата от зарядите на кварките, които ги изграждат. Мезоните са съставени от два кварка, а барионите – от три. Използвайки Табл. 1 и Табл. 2, определете от какви кварки са съставени:

а) Ω^- (омега-минус-хиперон) [1 т]

б) K^+ (ка-плюс-мезон) [1 т]

в) Λ^0 (лямбда-нула-хиперон) [1 т]

Таблица 1. Антикварките $\bar{u}, \bar{d}, \bar{s}$ имат противоположни стойности на Q, B, T_z и S .

Кварк	Q	B	T	T_z	S
u	2/3	1/3	1/2	1/2	0
d	-1/3	1/3	1/2	-1/2	0
s	-1/3	1/3	0	0	-1

II. Използвайки Таблица 2 и имайки впредвид, че при реакциите на елементарни частици, сумата на всички видове заряди преди и след реакцията е една и съща, определете липсващата частица в дадените по-долу реакции:

г) $\pi^- + p \rightarrow K^+ + K^- + ?$ [1,5 т]

д) $K^- + p \rightarrow \Omega^- + K^+ + ?$ [1,5 т]

III. Неподвижен положителен мюон μ^+ се разпада на позитрон и две неутрини.

е) Намерете максимално възможната (без да доказвате, че е такава) кинетична енергия на позитрона. (в единици MeV) [4 т]

Таблица 2. Дадените стойности са за частиците. Техните античастици имат равни стойности за масата и изотопичния спин T и противоположни – за електричния заряд Q , лептонния заряд L , барионния заряд B , проекцията на изотопичния спин T_z и странността S .

частица		символ		маса на покой		заряди			изотопичен спин		странност
		частица	анти-частица	MeV	m_e	Q	L	B	T	T_z	S
фотон		γ		0	0	0	0	0			
лептони	неутрино	ν	$\bar{\nu}$	0	0	0	+1	0			
	електрон	e^-	e^+	0,511	1	-1	+1	0			
	мюон	μ^-	μ^+	105,7	206,8	-1	+1	0			
мезони	пи-мезони	π^+	π^-	139,6	273,2	+1	0	0	+1	+1	0
		π^0		135,0	264,2	0	0	0	+1	0	0
	ка-мезони	K^+	K^-	493,8	966,3	+1	0	0	+1/2	+1/2	+1
		K^0	$\bar{K}^0$	498,0	974,5	0	0	0	+1/2	-1/2	+1
	ета-мезон	η		548,8	1074	0	0	0	0	0	0
бариони	протон	p	$\bar{p}$	938,3	1836	+1	0	+1	+1/2	+1/2	0
	неутрон	n	$\bar{n}$	939,6	1839	0	0	+1	+1/2	-1/2	0
	лямбда-хиперон	Λ^0	$\bar{\Lambda}^0$	1115	2183	0	0	+1	0	0	-1
	сигма-хиперони	Σ^+	$\bar{\Sigma}^-$	1189	2328	+1	0	+1	+1	+1	-1
		Σ^-	$\bar{\Sigma}^+$	1197	2342	-1	0	+1	+1	-1	-1
		Σ^0	$\bar{\Sigma}^0$	1192	2333	0	0	+1	+1	0	-1
	кси-хиперони	Ξ^-	$\bar{\Xi}^+$	1321	2585	-1	0	+1	+1/2	-1/2	-2
		Ξ^0	$\bar{\Xi}^0$	1314	2572	0	0	+1	+1/2	+1/2	-2
	омега-хиперон	Ω^-	$\bar{\Omega}^+$	1675	3278	-1	0	+1	0	0	-3

