

第六届全国中学生物理竞赛预赛第一试试卷

1. 1988年10月,我国基本建成了对撞机,在此机中发生对撞的粒子是 和 .

2. 提出原子的核式结构的、发现中子的、发现电子的、指出弱相互作用下宇称不守恒并在实验证实的物理学家是 、 、 、 和 .

3. 一个焦距为 f 的会聚透镜,在其左侧的主光轴上离透镜 $2f$ 处有一小光源,在右侧屏上观察到此光源清晰的像,现在光源与透镜的位置保持不变而在光路中插入一厚度为 $d(d < f)$ 的玻璃平板(平板与光轴垂直),若还要在屏上得到光源清晰的像,则当玻璃板放在光源与透镜之间时,屏应向 移动;当玻璃板放在透镜与屏之间时,屏应向 移动.

4. 试由欧姆定律推出两个电阻 R_1 和 R_2 串联时的等效电阻和并联时的等效电阻,推导过程中要说明每一步根据.

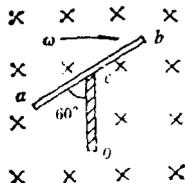


图 1

5. 图1中 oc 为一绝缘杆, c 端固定着一金属细杆 ab , 已知 $ac = cb$, $ab = oc = R$, $\angle aco = 60^\circ$, 此结构整体可绕 o 点在纸面内沿顺时针方向以匀角速度 ω 转动. 设有磁感应强度为 B 、方向垂直于纸面向里的匀强磁场存在, 则 a 、 b 间的电势差 $U_{ab} = U_a - U_b = \underline{\hspace{2cm}}$.

6. 画出日光灯的电路图,并回答问题:若起动器丢失,而手关只有一段两端裸露的有绝缘外皮的导线,用什么办法能将日光灯点亮?试就你所用办法说明道理.

7. 有一狐狸以不变速度 U_1 沿直线 AB 逃跑,一猎犬以不变速率 U_2 追击,其运动方向始终对准狐狸,某时刻狐狸在 F 处,猎犬在 D 处, $FD \perp AB$, 且 $FD = L$ (图2), 试求此时猎犬加速度大小.

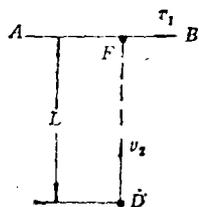


图 2

8. 有一两端封闭的横截面均匀的 U 形玻璃管,两臂管内分别贮有适量的氢气1与氦气2,一段水银柱把两种气体隔开(图3). 将此 U 形管两端朝上竖立起时,两臂中气柱的长度分别为

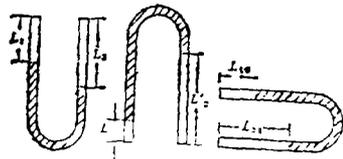


图 3

两端朝下竖立起时,气柱的长度分别为 $L'_1 = 6\text{cm}$, $L'_2 = 24\text{cm}$. 问将此 U 形管平放在水平桌面上时,两臂中气柱的长度 L_{10} 与 L_{20} 各是多少?设 U 形管两臂的长度相等,水银柱不断裂,没有发生气体从一臂通过水银逸入另一臂中的情况.

9. 已知:使一原来不带电的导体小球与一带电量为 Q 的导体大球接触,分开之后,小球获得电量 q . 今让小球与大球

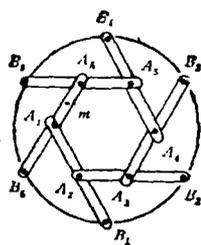


图 4

反复接触,在每次分开后,都给大球补充电荷,使其带电量恢复到原来的值 Q . 求小球可能获得的最大电量.

10. 有6个完全相同的刚性长条薄片 $A_i B_i$ ($i = 1, \dots, 6$), 其两端下方各有小突起,薄片及突起的质量均可不计,现将此6个薄片架在一只水平的碗口上,使每个薄片一端的小突起 B_i 恰在碗口上,另一端小突起 A_i 位于其下方薄片的正中,由正上方俯视如图4所示. 若将一质量为 m 的质点放在薄片 $A_i B_i$ 上一点,与此薄片中心的距离等于它与小突起 A_i 的距离,求薄片 $A_i B_i$ 中点所受的(由另一薄片的小突起 A_j 所施的)压力.

11. 已知冰、水和水蒸汽在一密闭容器内(容器内无其它物质)如能三态平衡共存,则系统的温度和压强必定分别是 $t_1 = 0.01^\circ\text{C}$ 和 $P_1 = 4.58\text{mmHg}$. 现有冰、水和水蒸汽各 1g 处于上述平衡状态,若保持总体积不变而对此系统缓缓加

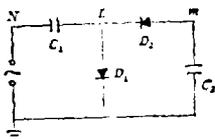


图 5

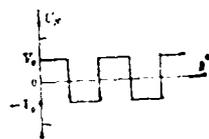


图 6

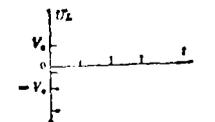


图 7

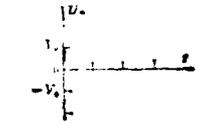


图 8

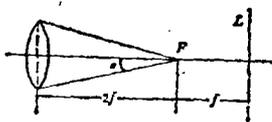


图 9

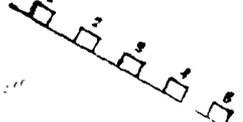


图 10

热,输入热量 $Q = 0.255\text{kJ}$. 试估算系统再达到平衡后冰、水和水蒸汽的质量. 已知在此条件下冰的升华热 $L_{\text{升}} = 2.83\text{kJ/g}$, 水的汽化热 $L_{\text{汽}} = 2.49\text{kJ/g}$.

12. 在图5所示的电路中,两电容器的电容相等,即 $c_1 = c_2 = c$. 两个二极管 D_1 、 D_2 皆为理想二极管(正向电阻为零,反向电阻为无限大). 当电源输入电压为稳定方波时(图6), 试在图7和图8中分别

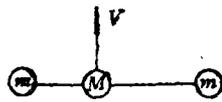


图 11

(下转第11页)

一个新粒子 ψ' 的发现。 ψ' 的质量(3.685 GeV)比 J/ψ 要大些,性质则是类似的。

根据人们的回忆: J/ψ 和 ψ' 发现的消息当时在高能物理学界引起的震动,就象是“听到第一次登上月球、珍珠港事件或者是肯尼迪遇刺这样的新闻”。

在理论和实验工作者的相互配合下,经过半年左右的持续努力,初步(但还不是最后)弄清了这两个粒子的本性,认为它们是一个新夸克及其反夸克组成的束缚态,而 ψ' 是 J/ψ 的激发态。

在此之前,粒子物理研究逐渐导致了这样的基本认识:夸克和轻子是物质的两种基本组成单元。按照夸克模型,所有强子都是由三个夸克或夸克-反夸克对组成的;存在着三种夸克,称为“上”、“下”和“奇异”(分别表为 u , d 和 s)。 J/ψ 的发现标志着第四种夸克的存在。新夸克称为“粲”(标为 c),实际上早就有人预言了它的存在。同样,也曾经有人预言过粲夸克和反粲夸克组成的束缚态($c\bar{c}$)的存在,并且仿照电子偶素(正负电子束缚态)的称法名为粲子偶素。

1976年 SPEAR 的又一个重要发现最终消除了对于粲夸克的任何怀疑,这就是粲介子 $D(1.865\text{GeV})$ 的发现。它的存在证实了一个粲介子既然可以和一个反粲夸克组成束缚态也就可以和普通反夸克组成束缚态(即粲介子)的理论推断。

“11月革命”翻开了“新”物理的序页。继 SPEAR 之后,其他几个正负电子对撞机也都先后积极投入了 3 GeV 及以上能区对于粲物理的研究并作出了各自的贡献。这里除了 ADONE 对撞机(它一开始就验证了 J/ψ 的存在),还有西德 DESY 实验室赶在 74 年末建成的 DORIS 对撞机($2 \times 4.2\text{GeV}$)以及稍后在法国奥赛实验室建成的 DCI 对撞机($2 \times 1.8\text{GeV}$)。粲子偶素族成员的陆续发现开闢了崭新的实验领域——粲子偶素谱学;实验资料不断证明非相对论性势模型(库仑势+线性上升势)描述 $c\bar{c}$ 系统(至少定性地)是成功的。图 5 给出在 SPEAR 上利用一个称做晶体球的实验装置测得的粲子偶素族光子能谱。图中 8 条谱线正好——对应于粲子偶素族七个成员之间的辐射跃迁。这种情况使人联想起氢原子(电子和质子的束缚态)的光谱,那里各个分立谱线对应着氢原子激发态的不同

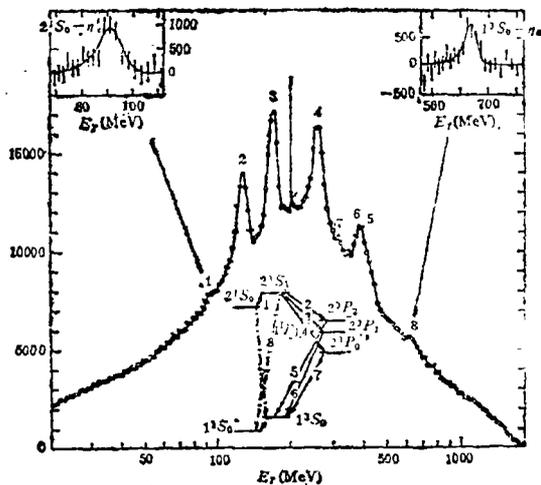


图 5 粲子偶素族成员跃迁产生的光子能谱

能级之间的跃迁。

“11月革命”以来,对于粲子偶素以及粲粒子(包括粲介子和粲重子)的广泛研究已经发展成为内容丰富的一个专门研究领域。十五年里, SPEAR 上粲物理的研究几乎一天也没有间断过,探测器已经更达到了第三代。在正负电子对撞实验中分析过的 J/ψ 事例数约计 2000 万个,从中提取了许多重要的物理信息。但是有待进一步研究的课题仍旧是大量的。举例来说:还有未发现的和未确认的粲子偶素族成员 1^1P_1 和 η_c ; 还有一半左右的 J/ψ 强子衰变道和一半左右的 J/ψ 辐射衰变道没有观察到;量子色动力学理论预言的新物质形式——胶球的研究还刚开始,在 SPEAR 上发现的两个呼声最高的胶球候选态—— θ 和 ϵ 粒子的性质有待深入考察;新粒子 $\xi(2.23\text{GeV})$ 究竟是否存在还有待澄清。国际高能物理学界正把眼光转向我国的正负电子对撞机 BEPC($2 \times 2.8\text{GeV}$)。鉴于它的设计亮度($5 \times 10^{30}\text{cm}^{-2}\text{sec}^{-1}$ 在 3.1GeV 处)和能谱分散(0.6MeV)比 SPEAR 和 DCI 好得多,人们期望着在 BEPC 上积累起几千万到 1 亿个 J/ψ 事例。在未来的些年里,我国的高能物理实验工作者将要肩负起粲物理研究的重任:这既是挑战,也是机会。(待续)

(上接第 31 页)

画出达到稳定状态后 L 点的电压 U_L 和 m 点的电压 U_m 随时间变化的图象。图中 $t = 0$ 表示达到稳定状态后的某一时刻。

13. 在焦距为 f 的会聚薄透镜 L 的主光轴上放置一发光圆锥面(图 9),其中心轴线与主光轴重合,锥的顶点位于焦点 F , 锥高等于 $2f$, 锥的母线与其中心轴线的夹角等于 α , 求圆锥面的像。

14. 有 5 个质量相同、大小不计的小木块 1、2、3、4、5 等距离地依次放在倾角 $\theta = 30^\circ$ 的斜面上(图 10),斜面在木块 2 以上的部份是光滑的,以下部分是粗糙的,5 个木块与斜面

部分之间的静摩擦系数和滑动摩擦系数都是 μ 。开始时用手扶着木块 1,其余各木块都静止在斜面上,现在放手,使木块 1 自然下滑并与木块 2 发生碰撞,接着陆续发生其他碰撞。假设各木块间的碰撞都是完全非弹性的,求 μ 取何值时木块 4 能被撞而 5 不能被撞。

15. 长为 $2b$ 的轻绳,两端各系一质量为 m 的小球,中央系一质量为 m 的小球,三球均静止于光滑的水平桌面上,三球于投直状态,今给小球 m 以一冲击,使它获得水平速度 V , V 的方向与绳垂直(图 11)。求在两端的小球发生互碰前的瞬间绳中的张力。(谭树杰 提供)