

电子科技大学

2011 年攻读硕士学位研究生入学试题

考试科目：852 近代物理基础

注：所有答案必须写在答题纸上，做在试卷或草稿纸上无效。

一、选择题（15 小题，每题 2 分，共 30 分）

1. 一个系统包含两个全同粒子，其波函数可表示为：

$$\psi = \frac{1}{\sqrt{2}} [\psi_{\alpha}(x_1)\psi_{\beta}(x_2) + \psi_{\beta}(x_1)\psi_{\alpha}(x_2)]$$

其中 x_1 和 x_2 代表了粒子的空间位置， α 和 β 代表了粒子的量子数，包含自旋数和他们所占的态。那么这种粒子可能是（ ）

- (A) 电子
- (B) 质子
- (C) 中子
- (D) 氦核

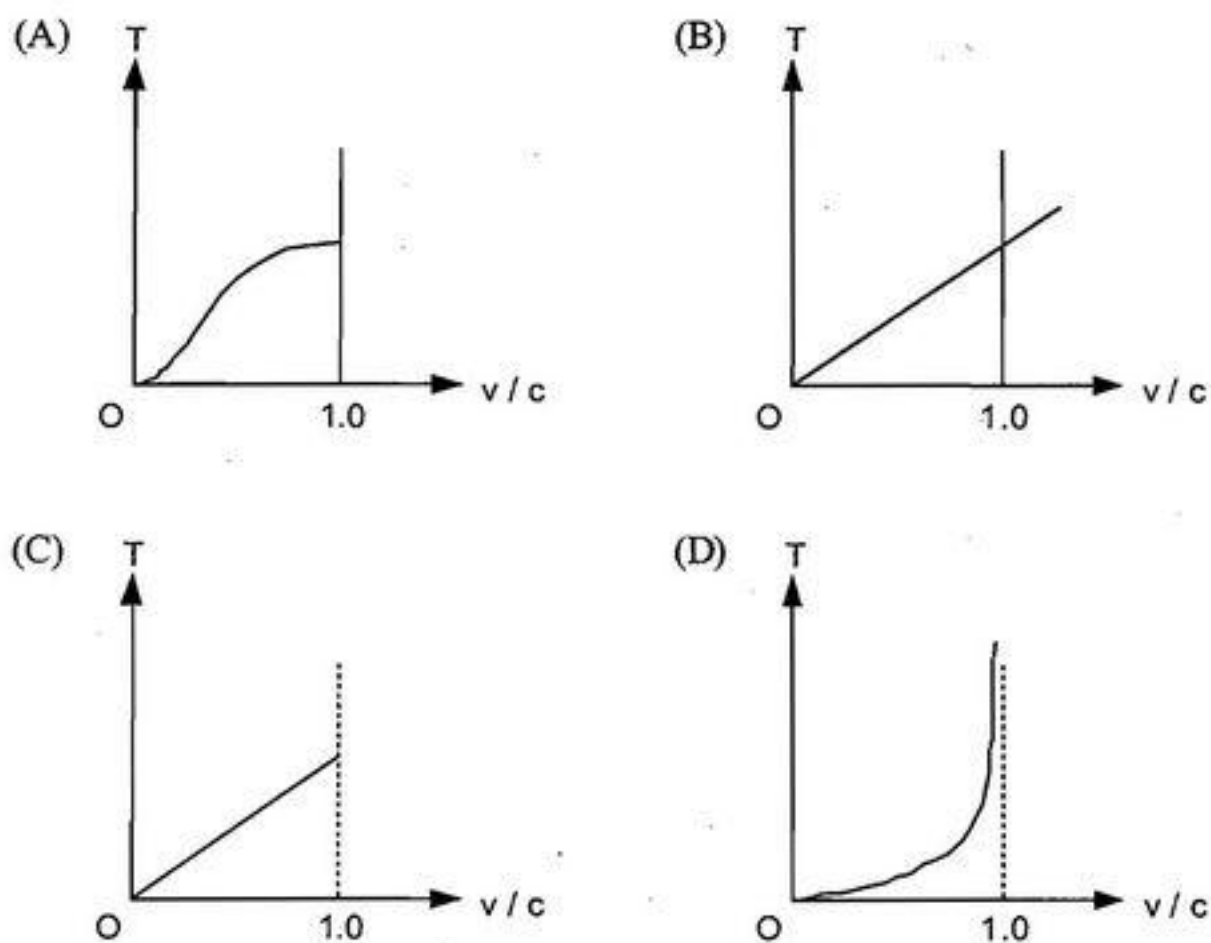
2. 一维谐振子（频率为 f ）的第三个最低能级为（ ）

- (A) $\frac{3}{2}hf$
- (B) $2hf$
- (C) $\frac{5}{2}hf$
- (D) $3hf$

3. 当粒子的速度从静止到 $0.8c$ (c 为光速) 时，粒子能量增加的百分数接近于（ ）

- (A) 67%
- (B) 75%
- (C) 80%
- (D) 88%

4. 已知电子的速度为 v ，那么电子的动能 T 与比例 $\frac{v}{c}$ (c 为光速) 的关系可以由下面哪一副图像表示？（ ）



5. 有两个事件分别被两个匀速运动观察者 S 和 S' 观测。观察者 S 测到两个事件相差 3 秒，并且相距 10 米。观察者 S' 测得两个事件相差 5 秒。那么，观察者 S' 所看到的两个事件的距离约为 ()

- (A) 0 m
- (B) 2 m
- (C) 17 m
- (D) 10^9 m

6. 下面的论述中，对描述洛伦兹变换下电磁场行为精确的是 ()

- (A) 电场能够完全转化为磁场。
- (B) 如果初始状态只有电场，那么经过变换后，同时存在电场和磁场。
- (C) 磁场没有变化。
- (D) 电场没有变化。

7. 如果一个新发现得粒子 X，以光速在真空中运动。那么，下面正确的是 ()

- (A) X 的静质量为 0
- (B) X 的自旋数等于光子的自旋数
- (C) X 没有自旋
- (D) X 不能被观测

8. 一个 Σ^0 粒子 (质量为 M_1) 在静止的实验室中衰变为一个 Λ^0 粒子 (质量为 M_2) 与一个无质量的光子。那么 Λ^0 粒子的能量为 ()

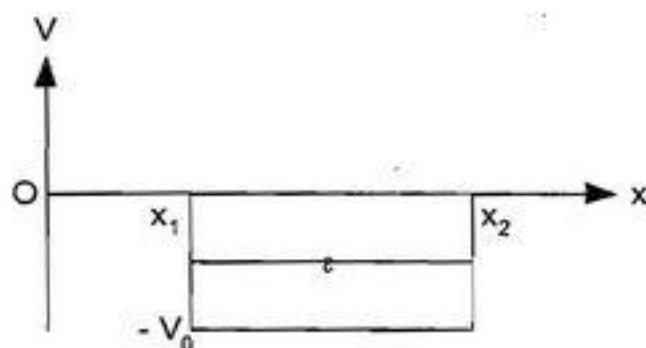
(A) $\frac{M_1}{2}c^2$

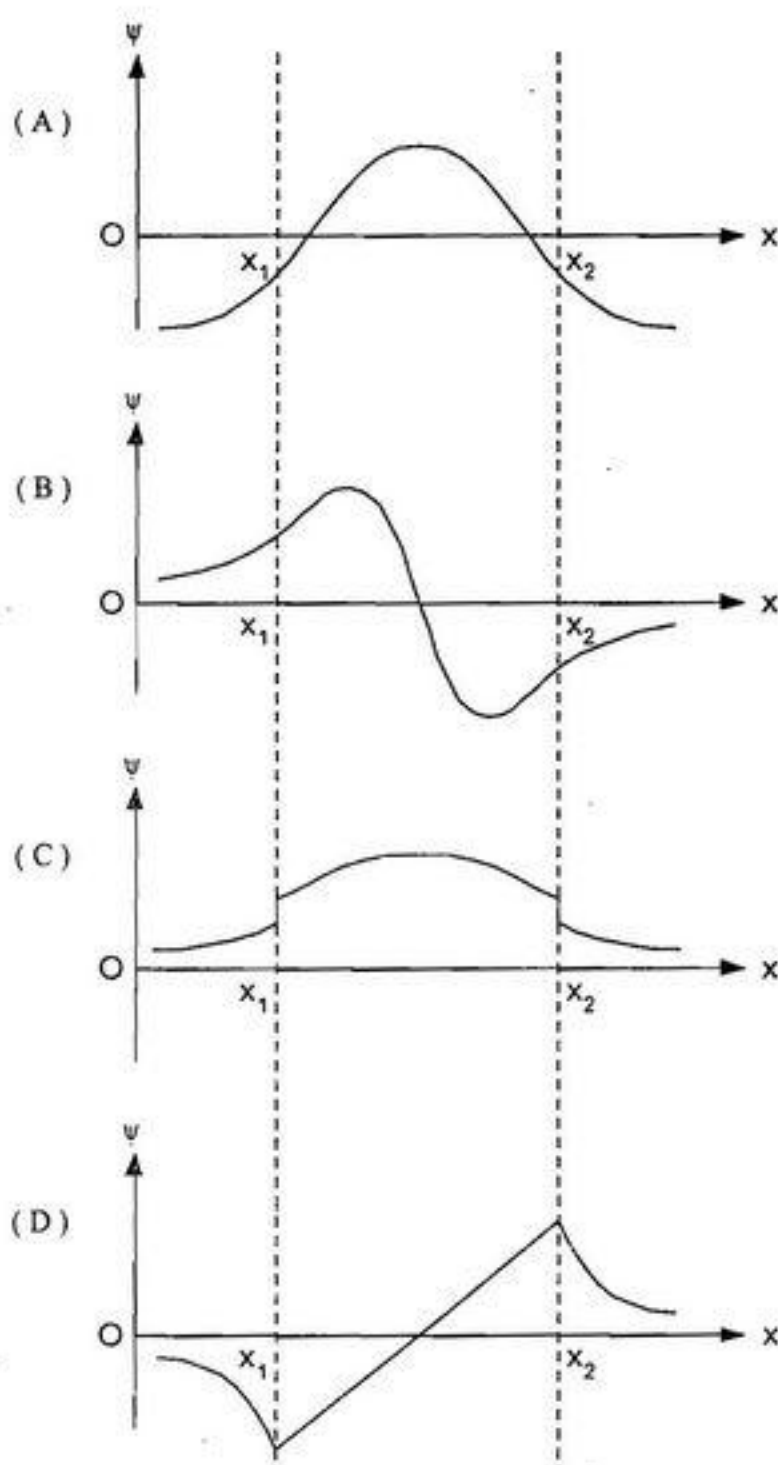
(B) $\frac{M_1^2 + M_2^2}{2M_1}c^2$

(C) $\frac{(M_1 + M_2)^2}{2M_1}c^2$

(D) $\frac{M_1^2 - M_2^2}{2M_1}c^2$

9. 在一个有吸引力的方势阱中, 阱深为 V_0 如下图所示。如果在能量为 $\epsilon < 0$ 时, 存在束缚态。那么, 下列哪一个图能够体现这个态下可能的波函数? ()

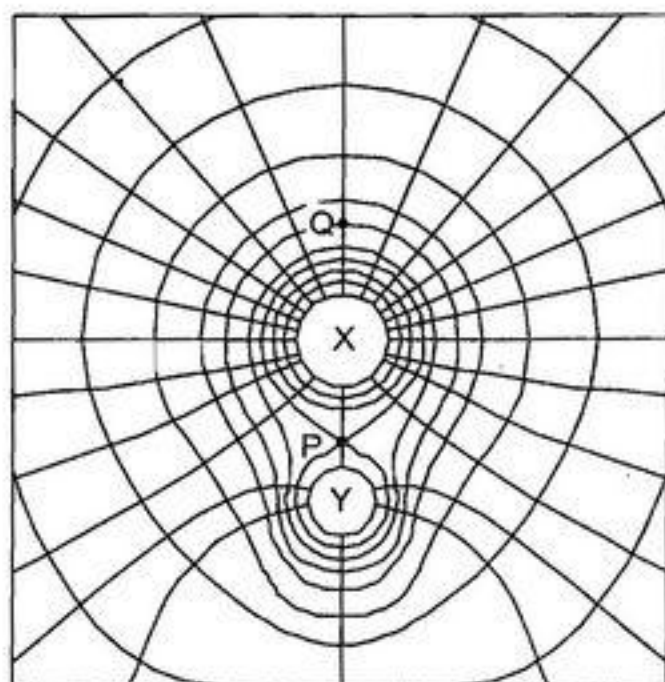




10. 已知 (L_x, L_y, L_z) 为三个与哈密顿量对易的角动量算符。因此角动量是 ()

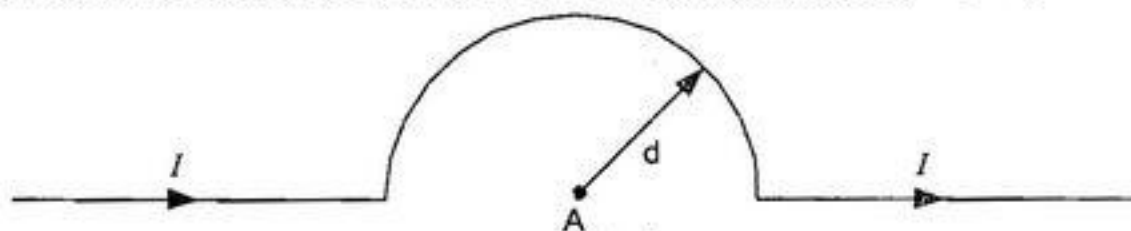
- (A) 等于 0
- (B) 等于能量的大小
- (C) 单位向量
- (D) 运动常数

11. 下图为两个带荷导体 X 和 Y 的电场及其等势线。X 的所带电荷为正，下述描述错误的是 ()



- (A) X 与 Y 的电荷同号
 (B) X 所带电荷大于 Y 所带电荷
 (C) 电场线与等势线相交处夹角为 90 度
 (D) P 点的电势小于 Q 点 (其中 P 与 Q 的位置相对于 X 对称)

12. 一个半径为 d 的圆形线圈上通有电流 I , 其中心位置的磁场强度 B_0 。如果另一个如下图所示的半径为 d 的半圆形线圈通有电流 I , 那么在 A 点的磁场强度为 ()

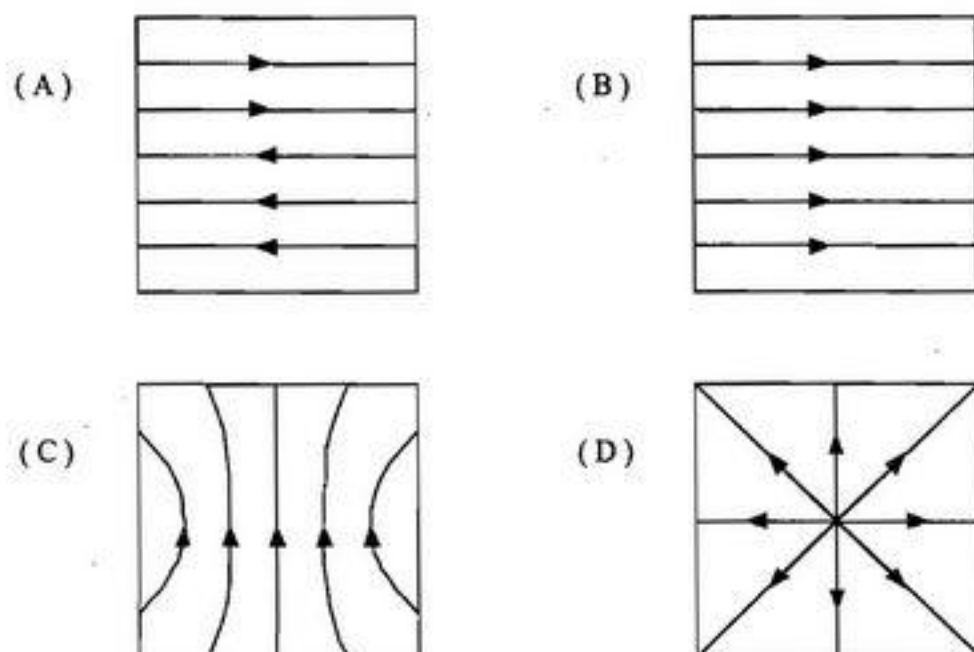


- (A) $2 B_0$
 (B) B_0
 (C) $\frac{B_0}{2}$
 (D) $\frac{B_0}{4}$

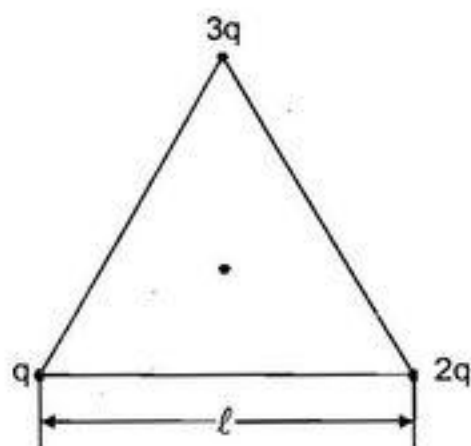
13. 一个半径为 R 的金属球, 带恒电荷 Q 。那么静电场的总能量正比于 ()

- (A) R^2
 (B) R
 (C) $1/R$
 (D) $1/R^2$

14. 已知麦克斯维尔方程组中的一个方程为 $\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$ 。下列图中, 哪一个图所描绘的磁场线不遵循这个方程 (包含虚线所在的边界)? ()



15. 如下图所示，边长为 l 的等边三角形中，三个顶角所带的正电荷大小分别 q ， $2q$ ， $3q$ 。那么，将正电荷 Q 从无穷远处移到三角形中心所需要的功为？（ ）



(A) $\frac{4\sqrt{3}qQ}{l}$

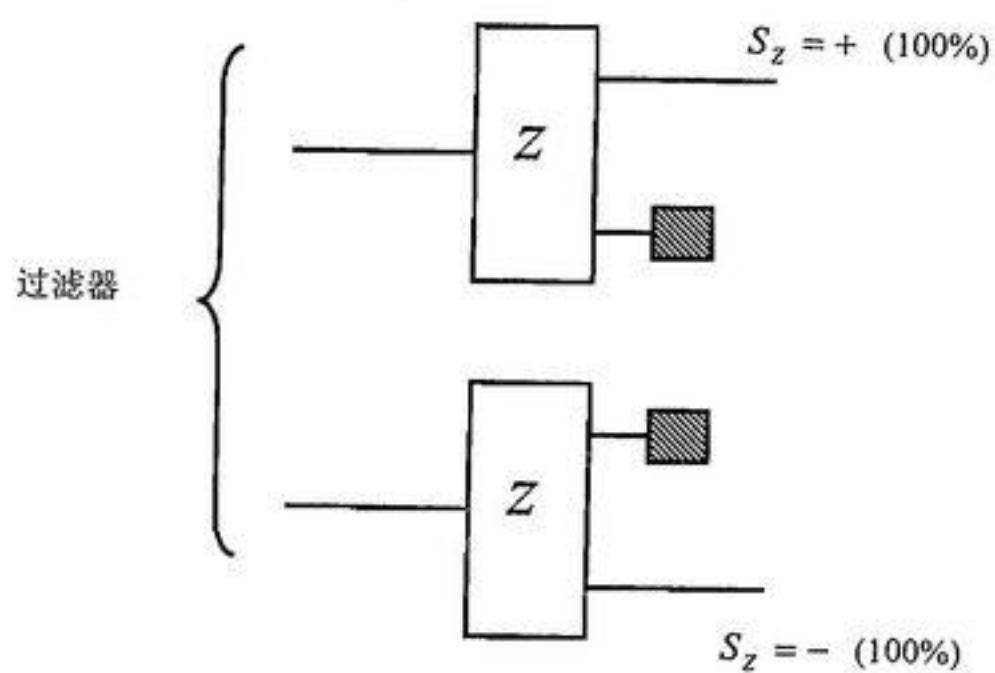
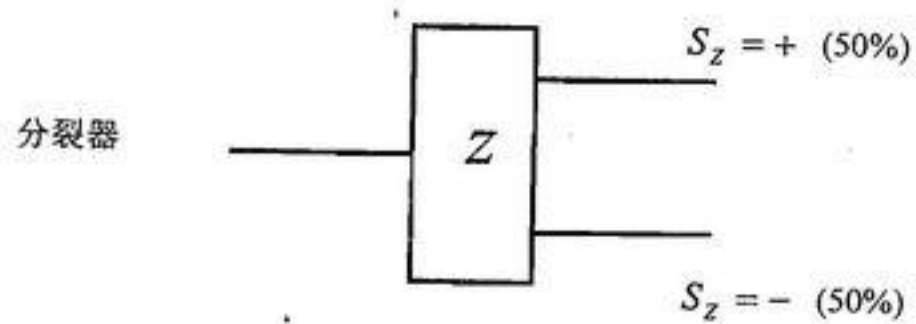
(B) $\frac{6\sqrt{3}qQ}{l}$

(C) $\frac{8\sqrt{3}qQ}{l}$

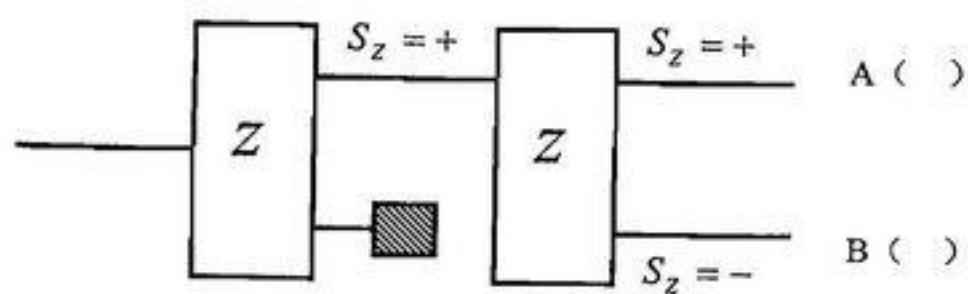
(D) $\frac{12\sqrt{3}qQ}{l}$

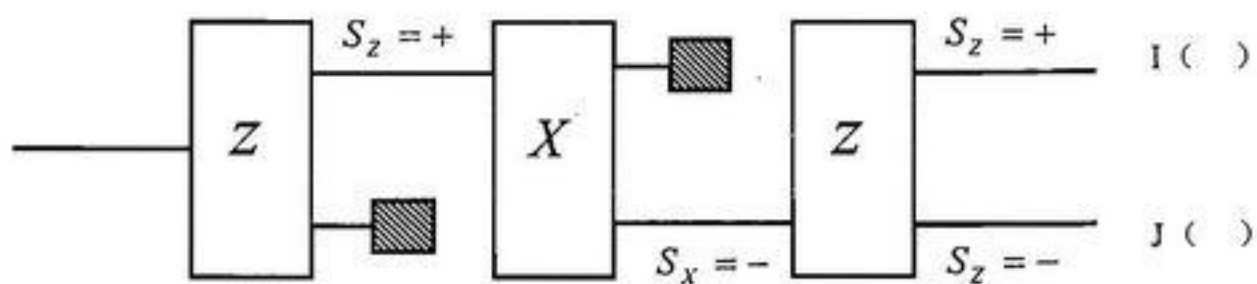
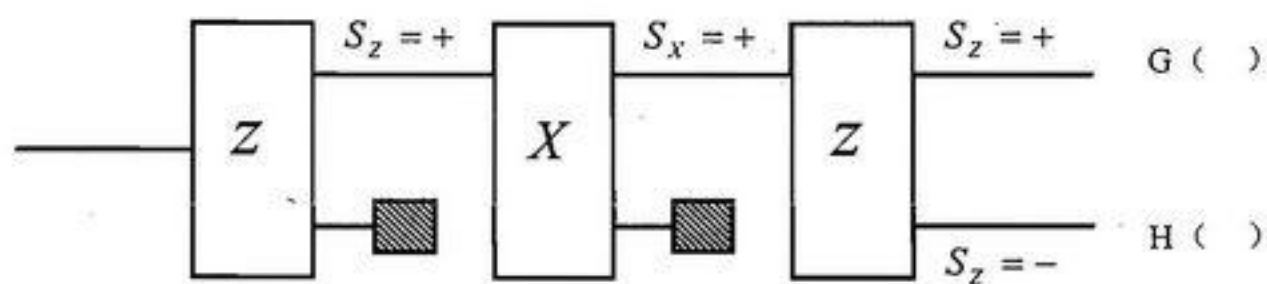
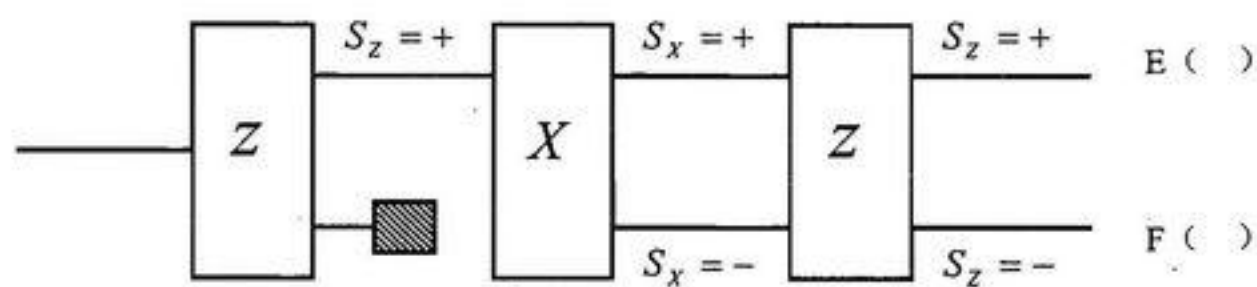
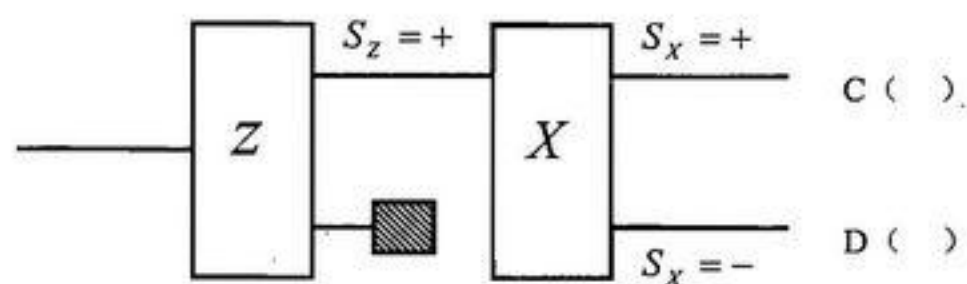
二. 填空题（10 个空，每空 3 分，共 30 分）

使用如下的组件构造 Stern-Gerlach 实验



在空中填上下图测出所对应粒子的概率





- A: B:
C: D:
E: F:
G: H:
I: J:

三. 简答题(3 小题, 每小题 10 分, 共 30 分)

1. 在经典和量子理论中确定一个粒子的运动状态, 分别需要知道什么?
2. 从 Shroedinger 方程出发, 证明对于物理态几率守恒

$$\frac{d}{dt} \int_{-\infty}^{+\infty} |\psi(x, t)|^2 dx = 0$$

3. 请问当一对光子的频率满足什么条件时才可能产生一个正负电子对, 原因是什么?

四. 计算题(4 小题, 每小题 15 分, 共 60 分)

1. 设电场为 E , 磁场为 B . 证明 $E \cdot B$ 为不变量。

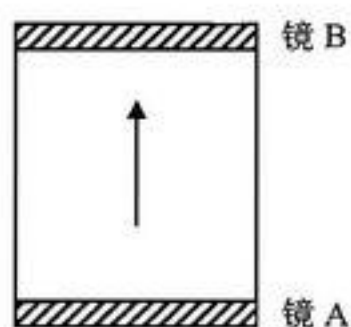
2. 在本题中请你由爱因斯坦设计的几个推理实验导出洛伦兹变换的一些结论。爱因斯坦推理实验中涉及的一理想化的时钟(图 1)。其中光波(或没有质量的粒子)在两镜面间来回反射, 当光波由镜 A 到镜 B 再回到镜 A 这样一个来回后, 时钟便发出一次滴答声。

(1) 用如下方式推导狭义相对论的时间膨胀公式。

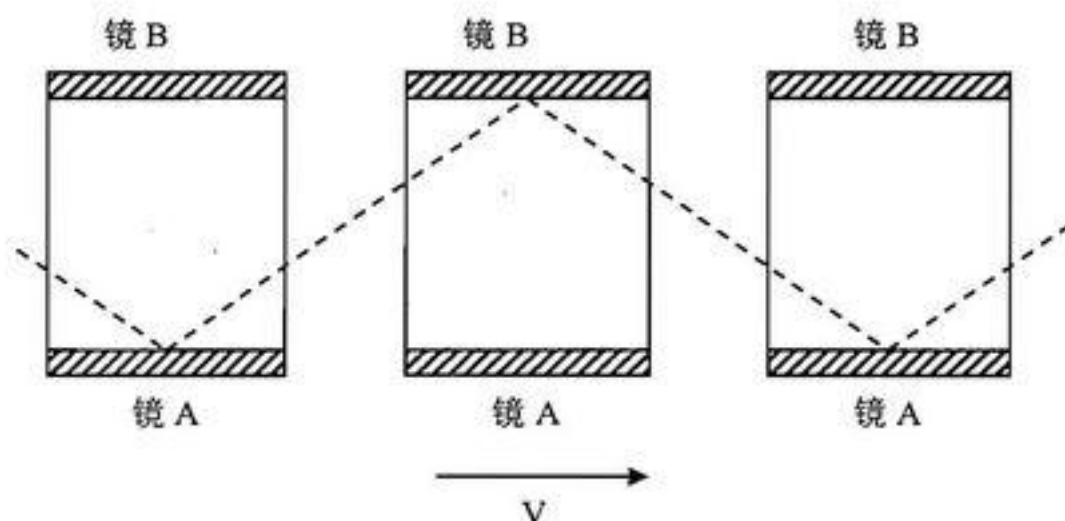
假定光在各参照系中有相同的速度 c , 在以速度 V 沿垂直于镜面分离方向而运动的参照系中(图 2)种的滴答声比在其静止系中的慢多少?

(2) 根据狭义相对论, 对给定速度的所有钟, 其时间膨胀因子是相同的, 与它们的工作机制无关, 假定在爱因斯坦的时钟中, 用有质量的粒子代替光子在镜面间来回跳动。在钟的静止系中, 粒子的速度 $v < c$ 。用如下的方式导出速度的洛伦兹变换规则: 若要求在(1)所考虑的参照系中, 以有质量的粒子工作的钟的滴答声较之其静止系而言所慢的程度与(1)中所求得的时间膨胀因子相同, 那么在该参照系中粒子速度应当多大?

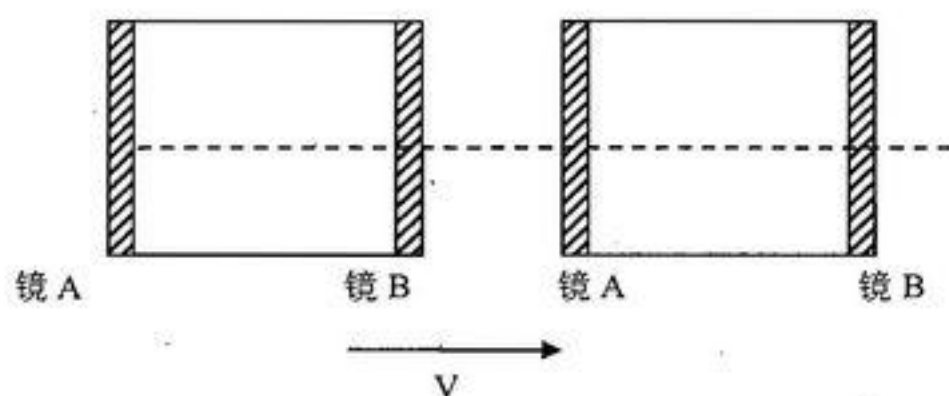
(3) 下面推导洛伦兹长度收缩率。假定钟仍用速度为 c 的光子工作, 但在运动前将它转动了 90° , 因此其速度 v 将平行于两镜面分离方向(图 3)。试问钟在运动参照系中应比在其静止系中缩短多少才能使它在运动系中比在静止系中的滴答声减慢的程度与(1)中求出的膨胀因子相同?



(图 1)



(图 2)



(图 3)

3. 在无限深方势阱中处于基态的质量为 m 的粒子, 突然将势阱的宽度由 0 到 a 变为 0 到 $2a$, 并且使得波函数不受到此行为的干扰。现在对粒子的能量进行观测。

- (1) 最有可能的结果是什么? 得到这个结果的可能性是多少?
- (2) 下一个最有可能的结果以及其可能性是什么?
- (3) 能量的期望值是多少? (如果计算出无穷级数, 请尝试用其他方法)

4. 一个电子静止在一个震动的磁场

$$B = B_0 \cos(\omega t) \hat{k}$$

其中 B_0 和 ω 为常数。

- (1) 建立这个系统的哈密顿矩阵。(哈密顿量为 $H = -\frac{e}{m}\mathbf{B} \cdot \mathbf{S}$)
- (2) 电子在 $t = 0$ 时刻相对于 x 轴自旋向上 ($\chi(0) = \chi_+^{(x)}$)。求得在接下来时间中的 $\chi(t)$ 。
(注意：这是一个含时的哈密顿量，所以不能用一般的方法从定态中求得 $\chi(t)$ ，但是，在这里可以直接求解含时的薛定谔方程)
- (3) 计算在你测量 S_x 时，得到 $-\hbar/2$ 的概率。

使得 S_x 完全翻转的最小场 B_0 是什么？