

看两道研究生入学试题。

例二:忽略自旋-轨道相互作用 \hat{H}_s 时,碱金属原子的哈密顿量

$$\hat{H}_0 = -\frac{\hbar^2}{2\mu} \nabla^2 + V(r)$$

其能量本征值为 E_{nl} , 现把 \hat{H}_s 项当作微扰, 试求解薛定谔方程

$$(\hat{H}_0 + \hat{H}_s)\varphi = E\varphi$$

写出能量本征值(精确到一级项), 并讨论其简并性。(南京大学物理系 97 年考研试题)

例三:碱金属原子处在 Z 方向的外磁场 B 中, 微扰哈密顿量为

$$\hat{H}_1 = \hat{H}_s + \hat{H}_B$$

$$\text{其中 } \hat{H}_s = \frac{1}{2u^2c^2} \left(\frac{1}{r} \frac{du}{dr} \right) \mathbf{L} \cdot \mathbf{S} \quad \hat{H}_B = \frac{eB}{2uc} (\hat{L}_z + 2\hat{S}_z)$$

当外磁场很弱时, 那些力学量算符是运动积分(守恒量), 应取什么样的零级近似波函数, 能使微扰计算比较简单, 为什么?(南京大学物理系 98 年考研试题)

这两道题分别是南京大学物理系近几年的考研压轴题, 其实只要看懂了曾谨言教授《量子力学导论》231 页的推导过程, 其解答不在话下。同样通过做这两道题, 可以更好地掌握齐曼效应。

三、勤于总结

除了上述方法, 我还特别注重总结, 比如量子力学的两个基本假定, 一是力学量的观测量对应于力学量相应的算符的本征值, 所以通过求解算符的本征值可以求出。那么这里就涉及到了哈密顿量的本征值问题, 即求解不含时的薛定谔方程。

$$\hat{H}\psi = E\psi$$

第二个假定是: 体系状态随时间的演化, 遵守含时薛定谔方程, 也就是我们通常所说的海森伯方程

$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \varphi(t) = H\varphi(t)$$

这两个假定应该说是量子力学的基础, 只有认真总结, 才能够理解。再比如, 总结不同情形下的本征算符, 是非常必要的。动量算符的本征函数为

$$\frac{1}{(2\pi\hbar)^{\frac{3}{2}}} e^{i\mathbf{p}\cdot\mathbf{r}}$$

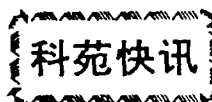
还有受碍转子, 分为定点和定轴两种不同的情况进行总结。量子力学所有的计算题中必然要涉及微扰论的内容。其实总结一下, 就可以知道它最基本的题型只有两种。

例四:处在三维各向同性谐振子的第一激发态的粒子, 受微扰为 $H_1 = bxy$, (b 为常数) 试求对能量的一级修正。

例五:将质子当作半径为 R 的带电球壳, 用一级微扰论计算由于氢原子的核的非点电荷电势引起的氢原子基态能量的改变表式。

有兴趣的同学可以做一下。

正如曾谨言教授所说, 量子力学已经有 70 多年的历史, 它在说明各种实验现象和极广泛领域中的应用已取得令人惊叹的成就。作为一名物理专业的学生, 学习量子力学是我们打好坚实基础的重要一步, 只有走踏实了, 才能谈得上下一步的发展。今天我谈了一点不成熟的学习体会, 希望能够给大家一点启发, 也欢迎大家与我交流。我的 email 是 zyx-michael@263.net



世界上最小的环形原子储存器

美国佐治亚州技术研究所专家实验演示了世界上第一台最小的环形原子储存器, 它能

控制超冷中性原子, 确保它们沿环形轨道运动。整套装置取名为“Nevatron”(Nano-Electron-Volt Neutral-Atom Storage Ring), 它的直径只有 2 厘米。

这种环形原子储存器不仅可以作为带电粒子特殊储存器, 而且可以用来检验带电粒子在磁铁系统建立磁场中的能量和运动轨迹。虽然中性原子不带电荷, 但是它们具有偶极矩, 如果原子的运动速度不大, 则环形原子储存器足以控制原子的运动轨迹。“Nevatron”能使几百万个铷原子保持在环形轨道上, 同时如此多的铷原子的运动速度不低于 10 厘米/秒。

为了使原子冷却到超低温状态, 研究人员利用了通用的磁光陷阱, 在磁光陷阱中采用磁场与强激光辐射相结合。在原子冷却到 3 微 K 时, 它们会在重力作用下落入由两条彼此相距 1 毫米的载流细导线形成的“漏斗口”。在原子出现在环形储存器中之后, 它们被平行导线产生的磁场所控制, 两平行导线中通有电流。

科学家认为, 在“Nevatron”基础上将可以研制微型干涉仪, 微型干涉仪能大大提高惯性导引系统的精度。

周道其译自俄《机器人技术与工程控制论》2002/5/18

现代物理知识

美日科学家分享诺贝尔物理学奖 瑞典皇家科学院 2002 年 10 月 8 日宣布,将 2002 年诺贝尔物理学奖授予美国科学家雷

蒙德·戴维斯、日本科学家小柴昌俊和美国科学家里卡尔多·贾科尼,以表彰他们在天体物理学领域做出的先驱性贡献。

瑞典皇家科学院称赞这 3 名科学家为人类观测宇宙开启了两扇新的“窗户”,从而改变了人类认识宇宙的方式。他们的重要发现使人类可以借助中微子和 X 射线这些宇宙中极其微小的物质,提高对太阳、恒星、星系和超新星等宇宙中巨大天体的认识。

瑞典皇家科学院发表的新闻公报说,1945 年诺贝尔物理学奖获得者、著名物理学家沃尔夫冈·泡利,早在上世纪 30 年代便预言了神秘的中微子的存在。在太阳和其他恒星内部发生核聚变时产生的中微子几乎不与其他物质发生作用,因此尽管每秒钟有数万亿个中微子穿过我们的身体,我们仍然很难发现它们的踪影。

最终能够捕捉到太阳中微子应当归功于雷蒙德·戴维斯和小柴昌俊。前者发明了一种全新的探测器,其主体是一个注满 615 吨四氯乙烯的巨桶。该探测器埋藏在美国的一个矿井中。戴维斯利用这个探测器,在长达 30 年的时间里成功捕捉到了约 2000 个来自于太阳的中微子。小柴领导的一个研究小组通过另一个巨大的探测器证实了戴维斯的成果。戴维斯和小柴还在 1987 年成功捕捉到了一个遥远的超新星爆炸后释放出的中微子。由于他们两人的发现,科学研究领域出现了一个新的学科——中微子天文学。

瑞典皇家科学院的新闻公报在介绍贾科尼的贡献时说,太阳和其他所有恒星都以不同的波长发射出可见的和不可见的电磁波,包括 X 射线。为探测进入地球大气层的宇宙 X 射线,贾科尼发明了一种可以置放在空中的探测器,从而第一次探测到了太阳系以外的 X 射线源,第一次证实宇宙中存在着隐蔽的 X 射线背景辐射,发现了可能来自黑洞的 X 射线。他还建造了第一台 X 射线天文望远镜,为我们观察宇宙提供了新的手段。贾科尼的这些贡献为创立 X 射线天文学奠定了基础。

今年的每项诺贝尔奖金额均为 1000 万瑞典克朗(约合 107 万美元),戴维斯和小柴昌俊将得到其中的一半,另一半则为贾科尼获得。(卞吉)

球形闪电仍是自然界不解之谜 英国皇家协会科学家在一份最新报告中承认,球形闪电仍是自然界一个不解之谜,为了解释这一奇特现象需要十几种不同学科的科学知识。悬浮在空中并在空中停留几分钟的发光球通常会出现在雷电附近,原先关于球形闪电目击者的报告常常被视作一种幻觉,但是在最近 20 年里已获得超过 1 万次这样的证据,因此科学家现在深信球形闪电的存在。

在英国皇家协会这份最新报告中通报了原先没有公开发表的目击者证据,其中有一个例子是,一个发光球穿透房屋时在房门上留下了篮球大小的洞,然后又降落在地板上损坏了一台老式压平衬衣用的滚子。另一个例子是,一个直径为 80 厘米的火球在其消失之前曾 20 多次撞击一名教师的头部。要解释这些现象确实不是一件易事,球形闪电能像一个 100 瓦灯泡那样发光,问题在于它并不具有显而易见的能源,它不辐射热量,但是它又能熔化玻璃,能穿透玻璃窗进入房间。最通俗流行的理论是,当放电使土壤中的石英汽化时会形成球形闪电,这些石英蒸气凝结成细小的粉尘,粉尘在空中扩散时仍会保持有电荷,而在氧化时这些粉尘就会形成发光的球体。新西兰坎特伯雷大学约翰·阿布拉汉森博士指出,“在目前研究阶段,我相信球形闪电之谜会被引入与极细微粒子发生化学反应的轨道”。

另一种可能的解释是,被闪电电离的空气会与水结合,同时形成带有水和离子覆盖层的炽热等离子体球。但是新报告作者认为,任何一种现有的理论都不能完全解开球形闪电之谜。或许,球形闪电是一系列其他作用过程的结果。虽然在实验室中能够再现这些作用过程并产生小型球形闪电,但是它比自然界中的球形闪电要小得多,存在的时间也要短得多。

美国马里兰州大学物理化学教授戴维·蒂内尔认为,球形闪电会引起物体不可思议的位移,这位移通常需附加力的作用。阿布拉汉森博士补充说,类似的化学作用过程还会引起人体自燃和无法解释的燃烧。科学家们希望,完全了解球形闪电的形成机理,如果能在实验室条件下成功再现类似自然界中的球形闪电,则就可以研制进行高温化学反应的全新工艺。澳大利亚昆士兰州居民见到的直径为 100 米的球形闪电持续时间为 5 分钟。

周道其译自俄《基里尔和梅福季兄弟》2002/1/12