

我国赴美
物理研究生考试(CUSPEA)
历届试题集解(1980-1984)

北京大学物理系 林纯镇 吴崇试 编译

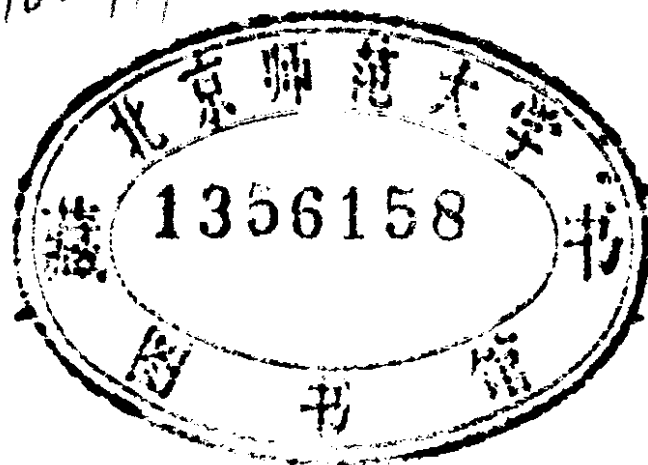
高等教育出版社

我国赴美
物理研究生考试
(CUSPEA)
历届试题集解
(1980-1984)

北京大学物理系

林纯镇 吴崇试 编译

JY1/162/19



高等教育出版社

我 国 赴 美
物理研究生考试 (CUSPEA)
历届试题集解 (1980—1984)

北京大学物理系

林纯镇 吴崇试 编译

高等教育出版社出版
新华书店北京发行所发行
北京印刷一厂印刷

开本 850×1168 1/32 印张 10.5 字数 260,000

1985年5月第1版 1986年3月第2次印刷

印数 10,001—21,020

书号 13010·01107 定价 2.15元

出版说明

经李政道教授倡议由我国政府批准设立的中国赴美物理研究生考试 (CUSPEA) 从 1980 年起已有五届。本书汇集并翻译了 1980—1984 年历届经典物理、近代物理和普通物理(后改为“综合考试”)的英文试题,译出了全部答案的基本要点(出版时作了整理订正),并将 1979 年试办时美方提交的两批博士研究生资格考试试题(英文及中译文)作为本集的附录,供读者参考。北京大学物理系主任赵凯华教授为本书所写的“代序”中还对 CUSPEA 考试的情况作了介绍,并对历年考试成绩提出了有价值的分析和看法。

CUSPEA 考题题材广泛,综合性强,重视实验和科学方法的基本训练,紧密结合科学前沿的发展,有较大的启发性和参考价值。本书既可作为我国高等学校物理类专业高年级大学生及其他考生的复习辅导材料,也有助于加强一般学生的基本训练,是各类理、工、农、医院校物理教师、研究生教学工作中的良好参考材料,还可供青年教师、中专及中学教师进修学习参考。

代 序

CUSPEA 的全名是 China-U.S. Physics Examination and Application, 即中国赴美物理研究生考试。它是由李政道教授倡导并经我国教育部及中国科学院同意组织的一项派遣留学生的计划。在国内, 此项工作由 CUSPEA 委员会负责进行。通过这一计划, 为我国高等学校毕业生中的优秀者提供资助, 去美国有关大学攻读物理学方面的博士学位。参加此项计划的美国大学, 现已发展到六、七十所, 此外, 还有加拿大的几所大学。此计划正式开始实行于 1980-1981 学年, 每年通过此项计划去美国学习的中国学生(也有少量的青年教师及研究人员)有 100 多人。根据双方目前的协议, CUSPEA 考试今后仍将继续下去。

按照规定, 通过 CUSPEA 计划去美留学的我国学生, 需履行以下手续(不包括检查身体、办理出国事宜等项):

1. 报名: 由有关科研单位和高等学校按教育部及中国科学院规定的名额推荐。被推荐者限于下列人员:

- (1) 大学应届毕业生已考取硕士研究生者, 由录取单位推荐;
- (2) 高等学校高年级学生(四年制学校的三年级学生或五年制学校的四年级学生), 由所在学校推荐。

2. 考试: 通常在每年暑假期间进行。由中国科技大学研究生院和北京大学物理系负责, 组织国内部分大学的教师和科学院部分研究所的同志统一评卷, 最后由中国教授组成的 CUSPEA 委员会选拔、确定向美方推荐的名单。

3. 面试: 每年秋季由两名美国教授偕夫人来华, 对方推荐的考生逐个面试, 主要考察他们的专业知识和英语水平。

4. 入学申请与录取：面试后，考生可同时直接向五所美国大学提出申请，对方同意后即来电表示愿意录取。考生可在准备录取他的学校中选择一个最合意的学校，复电表示接受（其余则复函谢绝）。少数第一轮未被录取的考生，还可在指定的时间内提出第二轮申请。被录取的考生在当年暑假即可赴美学习。

CUSPEA 考试科目共有四门，其中三门是物理课程，它们是：
Classical Physics(经典物理)；

Modern Physics(近代物理)；

General Physics(普通物理)。从第四届开始，改为 Diverse Topics in Classical and Modern Physics(经典和近代物理综合试题)。

这三门物理试题由美方大学轮流命题。每年由两所美国大学负责(通常每个学校再各指定一名教授负责命题，他们也就是来华面试的教授)。

另一门是 Written English (英语笔试)，近几年均由中方命题。从 1986 年起将改为 TOEFL(Test of English as a Foreign Language) 考试。

这里，从已举行的五届正式考试中，我们分析一下三门物理科目的考试情况。

从附表可以看出历届考试科目的题材分布情况。这三门科目的题材不是固定不变的，绝不是我国现代教学计划中某几门课程的简单组合。例如，“普通物理”或“经典和近代物理综合试题”涉及的范围十分广泛，从理论到实验、从物理到数学，几乎包括了我国大学物理专业开设的所有主要课程。

从历届考试的成绩来看，我国考生的经典物理与近代物理得分较高，每年都有得满分或接近满分的，而普通物理或经典和近代物理综合试题的得分稍差一些。按满分为 100 分折算，最高分都在 90 分上下。

附表 历届 CUSPEA 试题内容分析

(1) 经典物理

	1980年	1981年	1982年	1983年	1984年	合 计
力 学	3 (选 2)	3 (选 2)	1	2	2	11
流体力学			1			1
波 动			1	1	1	3
热力学	2 (选 1)	2 (选 1)	2	1	1	8
统计物理				1		1
电磁学·电动力学	3 (选 2)	3 (选 2)		1	2	9
电子线路			1	1		2
光 学	2 (选 1)	2 (选 1)			1	5
综合题			1			1
备 注			选 6 题	选 6 题	选 6 题	

(2) 近代物理

	1980年	1981年	1982年	1983年	1984年	合 计
固体物理·量子统计	2	1	1	1	1	6
量子力学	2	3	2	3	2	12
散射问题		2				2
原子核物理	3				1	4
粒子物理	1	1	1	1	1	5
光学					1	1
相对论			1			1
天体物理			1			1
其它				1		1
备 注	选 5 题	选 5 题	选 5 题	选 5 题	选 5 题	

(3) 普通物理或经典和近代物理综合试题

	1980年	1981年	1982年	1983年	1984年	合 计
实验和实验方法	2	1	2	2	1	8
量级估计	1	1	1			3
力学			1			1
波动			1			1
热力学				1		1
统计物理			1			1
电磁学·电动力学	1		2		3	6
电子线路	1	1				2
光学		1		1	1	3
原子物理	1					1
相对论			1	1		2
粒子物理				1	1	2
固体物理	1					1
天体物理	1	1				2
数学		1				1
备 注	选 6 题	选 5 题	选 5 题	选 5 题	选 5 题	

几届考试的结果，在一定程度上反映了目前我国大学（主要是综合性大学）物理教学的情况，总的表明了近年来我国物理教学取得了较大的进展。我国从 1977 年起恢复招生制度还不到三年，CUSPEA 考试就开始了，考试成绩逐年提高。个别优秀考生三门考试科目得了两门满分，这是很难得的。从试题中我们还看到许多题目的类型与国内教学的传统训练差别较大，而且取材的学科领域很广，有些考题的深度相当于美国研究生为取得攻读博士学位资格必须通过的资格考试的水平，尽管如此，许多考生都能正确地把握物理概念和方法，取得相当优秀的成绩。大多数学生出国以后，学习成绩优良，研究工作出色，备受国外教授学者的赞扬，为祖国的物理教学赢得了声誉。这也在一定程度上说

明我国高等学校重视基本概念、基本方法和基本技能的训练收到了相当的成效。这是值得我们认真总结和继续发扬的。

另一方面，CUSPEA 考试也反映出我国物理教学的某些弱点。这突出表现在如何适当反映近代物理最新成就的问题上。当然，我们不能把近代物理的所有最新成就都塞进物理教学、特别是基础课教学中。我们必须加以精选和提炼，抽出其中与教学水平相适应的内容，突出其物理思想和基本原理。这方面CUSPEA 考试不乏较好的范例，对我们很有启发。

CUSPEA 试题中，有些问题从物理概念来分析并不复杂，属于学生已学过的范围，但是由于不少学生对背景不大熟悉，常常感到无从下手，这是值得深思的。在我们的教学中，同一问题，既可以把原始的物理问题提给学生（有时可以同时给一些提示，或通过一系列小问题引导学生去思考解决整个问题的途径）；也可以由教师把物理问题分解或抽象成一定的数学模型后再提交给学生。习惯于解后一类问题的学生，在遇到前一类问题时，往往会不知所措。与此有联系的是，有些学生缺乏综合利用已学过知识的能力，遇到两门课程间的混合型题目，常常把题意判断错误。教师的职责应该不是如何教会同学应付某种考试，而是如何在整个大学学习阶段，引导学生主动地不断开拓视野，在生动活泼的学习中获取丰富的知识，并学习如何从科学进展的一些重大课题中分析出那些有基本训练意义的问题。解决好这一问题，无疑将对于新一代物理人材的成长具有积极的意义。

其次是物理实验的问题。许多学生对于历史上一些著名实验的原理、方法、结论及其意义了解得很不确切，对一些重要的常见实验也不很熟悉。这里有教学上需要加强的地方，也有一些学生甚至教师存在着重理论轻实验的倾向，需要认真克服。

我国学生往往有个习惯，喜欢用系统的理论工具去处理问题，尽管有的问题本可以通过简单的物理思考就能得出结论。这

是否与我们平时教学中的训练方法有关？与此相联系的是应使学生在日常学习中注意熟悉某些物理常数，对于某些简单的物理问题，善于利用这些常数，通过近似估算，很快得到数量级的概念，这也是一个物理学工作者不可缺少的一项基本功。

最后，应当指出，CUSPEA 考试中往往涉及到许多大学本科生不熟悉的内容，例如，流体力学、波动与声学、等离子体、天体物理、相对论力学、超导、激光等。我们决不能据此来要求我国大学物理系的教学计划。因为 CUSPEA 的目的是选拔那些特别优秀的学生，他们掌握的知识面可以远超出大学本科的基本要求。而且，即使对于他们，试题也是有选择余地的，考生无需面面俱到，可以选择自己比较熟悉的题目作答。根据近年来一些学校的经验来看，为高年级学生开设适当的讲座，有助于开拓学生的眼界。而学生本人平时养成浏览课外读物、涉足各种学术活动的习惯，也是重要的。至于考中 CUSPEA，则主要靠学生本人的素质和物理学的根底，并非一朝一夕之功。

总之，我国的物理教学有自己的目的、要求和计划，不能以某一种考试作为全面衡量教学质量的尺度。CUSPEA 考试，决不是我国物理教学改革的法规。但是，从某种意义上说，CUSPEA 考试是一种物理教学的国际交流。无疑，我们可以从中得到一些借鉴和启发。这次林纯镇、吴崇试二同志将历年 CUSPEA 考题及解答编辑成《集解》出版，我们希望，它将不但有助于同学们的日常学习，而且也能引起物理教学的同行们广泛的兴趣，共同来探索如何继承我国的优秀传统、开创具有自己特色的物理教学道路。

赵 凯 华

一九八四年十二月于北京大学

目 录

出版说明

赵凯华：代序..... 1

CUSPEA EXAMINATION 1

1980..... 1

1981.....19

1982.....32

1983.....45

1984.....63

试题译文.....78

1980.....78

1981.....91

1982101

1983111

1984123

CUSPEA 试题解答133

1980133

1981158

1982184

1983202

1984247

附录270

1979 年两次非正式 CUSPEA 考试试题(英文)

1979 年两次非正式 CUSPEA 考试试题(中译文)

CUSPEA EXAMINATION (1980)

CLASSICAL PHYSICS

(4 hours)

A. Mechanics

Solve 2 of the following 3 problems.

- A1. Two uniform cylinders are spinning independently about their axes, which are parallel. One has radius R_1 and mass M_1 ; the other R_2 and M_2 . Initially they rotate in the same sense with angular speeds Ω_1 and Ω_2 respectively. They are then displaced until they touch along a common tangent.

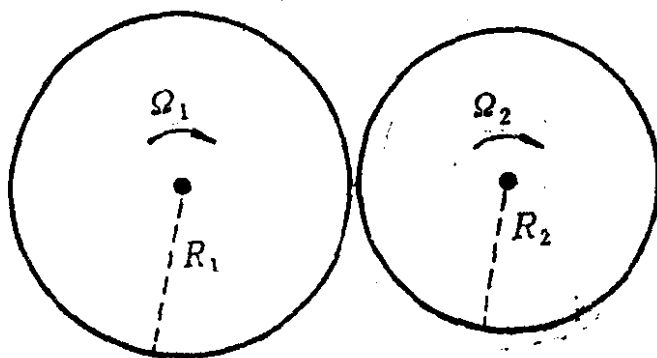


fig. 1

After a steady state is reached, what is the final angular velocity of each cylinder?

- A2. A particle moves in a circular orbit of radius r under

the influence of an attractive central force. Show that this orbit is stable if

$$f(r) > -\frac{r}{3} \left. \frac{\partial f}{\partial r} \right|_r$$

where $f(r)$ is the magnitude of the force as a function of distance r from the center.

- A3. Three particles of equal mass m move without friction in one dimension. Two of the particles are each connected to the third by a massless spring of spring constant k . Find the normal modes of oscillation and their corresponding frequencies.

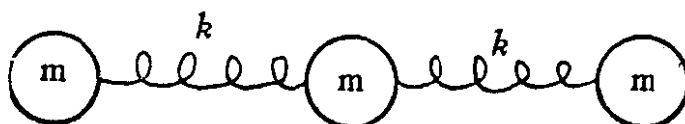


fig. 2

B. Electromagnetism

Solve 2 of the following 3 problems.

- B1. A parallel plate capacitor (perfectly conducting plates) with plate separation d is filled with two layers of material (1) and (2). The first has dielectric constant ϵ_1 , conductivity σ_1 , the second ϵ_2 , σ_2 , and their thicknesses are d_1 and d_2 respectively. $d_1 + d_2 = d$. A potential V is placed across the capacitor.

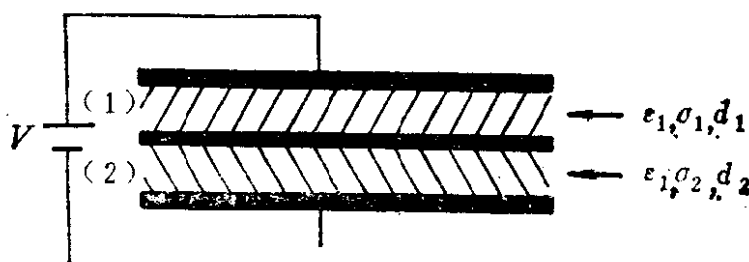


fig. 3

- a) Neglecting edge effects, what is the electric field in material (1) and (2)?
- b) What is the current flowing through the capacitor?
- c) What is the total surface charge density on the interface between (1) and (2)?
- d) What is the “free” or “real” surface charge density on the interface between (1) and (2)? Explain carefully what is meant by the “free” or “real” charge density.

B 2. Consider a closed circuit of wire formed into a coil of n turns with radius a , resistance R and self-inductance L . The coil rotates in a uniform mag-

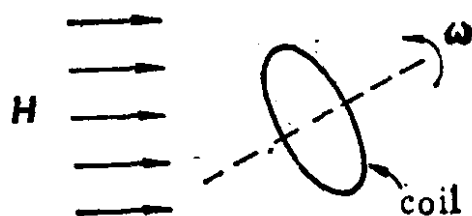


fig. 4

netic field H about a diameter perpendicular to the field.

- a) Find the current in the coil as a function of θ for rotation at a constant angular velocity ω . Here $\theta(t) = \omega t$ is the angle between the plane of the coil and H .
- b) Find the externally applied torque required to maintain this uniform rotation (In both parts you should assume that all transient effects have died away.)

B 3. A cylinder of length L and radius R carries a uniform current I parallel to its axis.

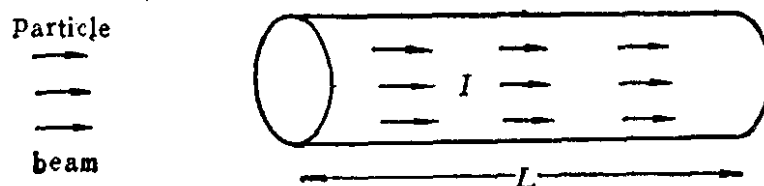


fig. 5

- a) Find the direction and magnitude of the magnetic field everywhere inside the cylinder. (Ignore end effects.)
- b) A beam of particles, each with momentum $\mathbf{p}$ parallel to the cylinder axis and each with positive charge q , impinges on its end from the left. Show that after passing through the cylinder the particle beam is focused to a point. (Make a "thin lens" approximation by assuming that the cylinder is much shorter than the focal length. Neglect the slowing down and scattering of the beam particles by the material of the cylinder.) Compute the focal length.

C. Thermodynamics

Solve 1 of the following 2 problems.

- C1. Consider two ways to mix two perfect gases. In the first, an adiabatically isolated container is divided into two chambers with a pure gas A in the left hand side and pure gas B in the right. The mixing is accomplished by opening a hole in the dividing wall.

Cross Section	gas A	gas B
	n_A moles	n_B moles
	$V_{01} = V_A$	$V_{01} = V_B$

fig. 6

In the second case the chamber is divided by two rigid, perfectly selective membranes, the membrane on the left

is perfectly permeable to gas A but impermeable to gas B . The membrane on the right is just the reverse. The two membranes are connected by rods to the outside and the whole chamber is connected to a heat reservoir at temperature T . The gases can be mixed in this case by pulling the lefthand membrane to the left and the right hand to the right.

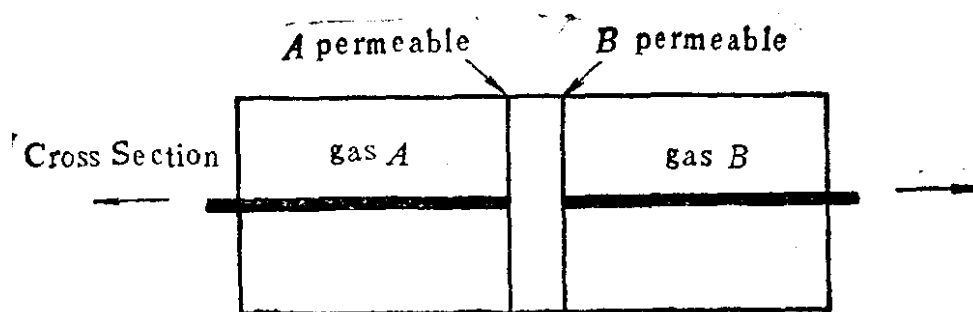


fig. 7

- Find the change in entropy of the container and its contents for the second process.
- Find the change in entropy of the container and its contents for the first process.
- What is the change in entropy of the heat reservoir in part a)?

C2. A Carnot cycle is operated with a liquid-gas interface. The vapor pressure is p_v , temperature T , volume

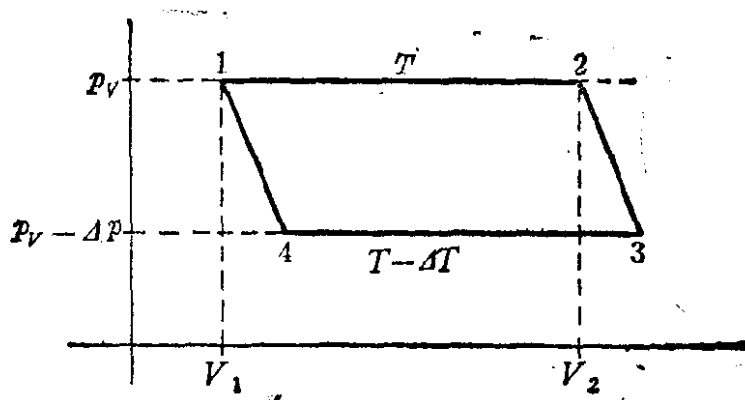
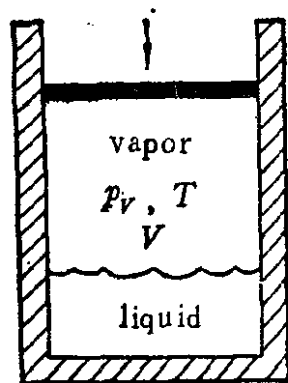


fig. 8

V. The cycle is operated according to the following p - V diagram.

The cycle goes isothermally from 1 to 2, evaporating n moles of liquid. This is followed by reversible cooling from 2 to 3. Then there is an isothermal contraction from 3 to 4, recondensing n moles of liquid, and finally a reversible heating from 4 to 1 completes the cycle.

- a) Observe that $V_2 - V_1 = V_g - V_l$ where V_g = volume of n moles of gas, V_l = volume of n moles of liquid. Calculate the efficiency in terms of Δp , $V_g - V_l$, and L_v = latent heat of vaporization of a mole of liquid. Treat Δp and ΔT as small.
- b) Recognizing that any two Carnot engines operating between T and $T - \Delta T$ must have the same efficiency (why?) and that this efficiency is a function of T and ΔT alone, use the result of part (a) to obtain an expression for dp_v/dT in terms of $V_g - V_l$, n , L_v and T .

D. Optics

Solve 1 of the following 2 problems.

D1. Consider the modified Young's double-slit arrangement:

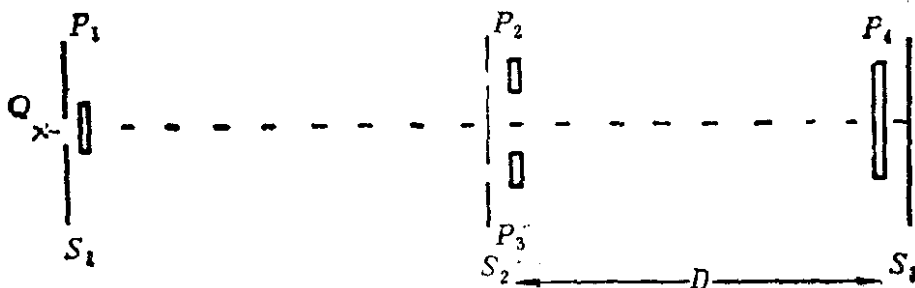


fig. 9