物理实验寻路指南

A.K.A. Jamie Halpin 学生物理实验自救手册

Zhiyuan David Liu

物理实验的出题角度和化学实验是不同的。化学实验的出题哲学是教授学生通过实验得出合理的结论；而物理实验的出题哲学则是培养学生发现实验中的问题，以及对于误差的分析，理解与避免。本文将逐分分析如何在物理实验这四十分里尽可能拿到满分。

Q1一共有四个部分的问题：

第一部分往往是求个电压/时间/角度/质量等可以直接测量的，固定的物理量，注意，对于时间等存在reaction time的测量需要进行多次实验取平均值的方法，平均值的decimal place和测量值保持一致，物理中对于decimal place最后一位的要求没有化学那么严格，四舍五入即可。在测量时需注意，对于测量工具的decimal place不要估读，测量结果是多少就写多少，不存在化学titration中对于burette的0.05cm3的估读。同时注意这一部分可能是没有帮你写好单位的，请记录实验仪器的read off，比如meter ruler 的单位是00.0cm不是0.000m。

第二部分，题目会要求重复多次实验自变量，获得多组应变量的值。这10’里5’交给数据的，数据要求根据要求的重复数量做多次实验，显示合理的变化趋势，受制于出题哲学和硬件软件环境，CIE对于物理数据要求同样没有化学严格，基本不存在做不出实验结果的情况，如果有，请检查自己读题/器材架设是否有问题或者联系老师更换实验器材。剩下的五分钟全部是与表格相关的分数。分别是1’heading，第一列填写自变量，第二列开始写测量变量，最后一列写测量变量，记得在写heading的时候单位要写好，单位尽量使用测量仪器直接测量的单位，对于计算变量，请自行进行计算，少数情况会出现内容为三角函数的计算变量，请自行判断这类计算变量是否带有单位；第二个1’是range分，指的是自变量的变化范围要大于1/2（自变量max - 自变量min），例如如果一个板子的角度变化范围是0~90°，则尽量使用10°~70°去进行实验，ms会指出最小的变化范围；第三、四个1’是consistency(decimal places)和significant figure的分，consistency按着测量器材展示的数据去读就不会有问题，这里强调计算变量和测量变量的d.p.和s.f.之间的关系，计算变量与测量变量的s.f.是横向相同的。

例如：

|  |  |
| --- | --- |
| N(cm) 测量变量 | N2(cm2) 计算变量 |
| 27.3 (3s.f.) | 745 (3s.f.) |
| 104.6 (4s.f.) | 1094 (4s.f.) |

而在实验中少数概率会出现测量变量的变化太小，导致计算变量在应当取用的s.f.数量中不能体现计算变量的区别时，CIE允许考生合理添加s.f.的数量。

|  |  |
| --- | --- |
| N(cm) 测量变量 | N2(cm2) 计算变量 |
| x.x (2s.f.) | 1.17(3s.f.) |
| y.y(2s.f.) | 1.18(3s.f.) |

最后1’是对于计算变量的calculation(value)分，按计算器之前看清楚自己按进去的数字对不对，没什么别的好说的了。

第三部分，Q1中最花时间的部分，graphing。物理Q1可以肯定大概率是y=kx+b的直线图。Graph本身一共4’，其中1’ms里写作axes分，保证axes的range能把需要填写的数据分布占据多于3/4的横/纵坐标轴，graph paper可以横着用也可以竖着用，这里强调，在提供的graph paper中2cm的大格的两个横/纵数值所填写的数字只能是1、2、5、8、10的倍数，起始原点的值可以不是（0，0）。第二个1’是point分，这个point其实应当写作cross，因为CIE对于画点的要求太多，ms有详细介绍，画cross就不用担心这些问题，画准即可。第三个1’是best fit line分，这个线主要要注意，至少要有5个数据点才足够画出这条线，并且线上/下方点的数量要求均匀分布，线本身尽可能一次画准，线本身粗细不得超过1mm，一把长一些的透明尺会很有帮助（如果忘带了可能有些实验会提供这个器材，小概率）。如果在实验数据中遇到异常值，请不要用这个数据，或者在画图时不考虑这个数据并标出this is an anomalous point, 重做这个数据也是问题的一个解决方法。（一个快速帮助画出best fit line的方法是计算出（xavg,yavg）这个数据的位置，以这个点为中心移动尺子让点符合规则，注意CIE并不认可这个方法，请酌情使用）。最后1’是quality分，这1’要求从b.f.l.的y-intercept开始测量所有点到b.f.l的波动范围不超过5°，用protractor量这个不太现实，在作图时能保证每个点离线不超过3个小格即可。除了画图，第三部分固定会有一题要求写出gradient和y-intercept，这个注意不需要写单位，并且需要在图中做出一个底和高分别大于2/3 x/y- axis的三角形，并注明计算所用的点的坐标；常见的坑有：结论中不能写fraction，一定要注意x/y-axis的单位有没有带10x。

第四个部分的2’一般是给出一个形式为y=kx+b的关系式，要求写出k与b的值和单位，值与上一题一致，k的单位是Unity/Unitx，b的单位是Unity。

Q2部分相对Q1时间会充裕很多，所以在考试中被分到先做Q1是有绝对优势的，可以利用Q2的多余时间对graph的绘制进行调整。Q2也是CIE物理practical灵魂所在，不要求得出准确结果，只要求分析误差和如何在有误差的前提下，分析误差对于结果的影响，获得合理的实验结果。在此分析Q2中常见或者固定出现的问题，问题的目的，与如何合理应对。

在开始动手做Q2前，请一定阅读题目中一定会出现的‘it is suggested that …’这句话后所提出的关系式，标出此关系式内所有的自变量与应变量，这些值是直接导致k值变化的因素，对于所有会变动的值，在动手做实验时，都需要考虑可能会影响到这个值的因素。

Q2一般由测量一套器材中的一些fixed value开始，例如绳子长度/角度/高度/力臂长度等，并且会在之后引入一个会根据fixed value变化而变化的variable value，例如飞出去的距离/运动一段距离所需的时间/单摆的周期/高度变化/电流电压变化等，variable uncertainty请一定列表to show repetition。根据这些测量值，必定会出现的问题有justify significant numbers given和estimate uncertainty。Justify s.f., 肯定是跟在根据测量出来的数据进行简单的计算后要求对计算变量的s.f.进行合理的保留，与structure一样，使用测量仪器中读数最少的s.f.作为计算变量的s.f.；estimate uncertainty是根据参与计算的所有变量的uncertainty加在一起得出的，比较泛用的识别方式是基本在做实验前测量的量都是fixed，实验测量的基本都是variable，（听上去很没技术含量）。对于fixed uncertainty，使用(2~5scales/xavg)\*100%进行计算；对于variable uncertainty，使用half range method轻松可解。

在此固定会出现K值对比，这个也没什么技术含量：

If k%<10%:

print(‘support.’)

If 10%<k%<40%:

If k%<SumUncertainty:

print(‘support.’)

else

print(‘Not support.’)

If k%>40%:

print(‘Not support.’)

好了，剩下的就是limitations and improvements公认的玄学得分点了。背limitations and improvements的ms是有用的，（去年的世界第一把02年到16年的都背了一遍），通过背诵ms可以在脑海中建立一个庞大的database，CIE在这道题真的是有太多根本想不到的清奇回答， 看/背的多了有些答案在你看到实验器材的时候基本就能想出对应的lim & imp了。同时在前期做实验的时候请一定留心实验中让你觉得诡异的地方，大胆质疑提供的实验器材中会导致实验结果不准的因素，例如用纸面画图的protractor去测量假设仪器之间的角度（应当用大的量角器），用beaker去装热水测量降温速度（polystyrene container与lid）等。

这八分里有两分相当于是送给你的，2 sets of experiment isn’t enough to give a conclusion & repeat the experiment for more times/ plot a graph.

剩下六分主要用于分析，对于实验相关的uncertainty的来源和避免。

Parallax error/ reaction time/ environment是几个常见的入手方向，但是在填写时需要注意这些uncertainty对于实验结果的影响。如果parallax的误差过小，则写了也不得分，例：mock中用橡皮筋（棉线？）去提起meter ruler当pivot，这个时候不能写橡皮筋遮挡读数，因为遮挡的这0.1mm误差对于实验结论影响过小。

在释放物体时很难判断手是否有给掉落的小球/圆柱施加一个力，那么如果这个力确实会影响实验结果，那可以被写进lim&imp里；但是如果是钟摆，这个力有没有都不会影响实验结果的，则写了也不得分。这种情况的improvement可以写用card/借助一个物体去释放。

可以肯定的是如果是测量运动的瞬间量有关的，测不准时间/用slo-mo video去frame by frame地检查/用light gate去测量，这两分相当于送给你了。

还有一个常见的就是自变量/应变量变化的range太小，结论也不具有讨论意义。

回答lim&imp是可以画图的。

这八分想拿满真的只能熟读背诵尽可能多的p3和ms来保证了。

祝各位武运昌盛！