



# 振动的带电粒子、磁场中的金属丝与轻杆

## —国际物理奥赛 IdPhO2020 理论第一题

苏俊<sup>1,2</sup> 宋峰<sup>3</sup>

(1. 华东师范大学教师教育学院 200062; 2. 江苏省海安高级中学 226600;  
3. 南开大学物理科学学院 300071)

原计划于2020年7月在立陶宛举办的第51届国际物理奥林匹克竞赛 IPhO(International Physics Olympiad)受新冠疫情的影响未能如期举行。经过国际物理奥委会同意,俄罗斯发起并举办了2020年国际物理奥林匹克竞赛的命题和组织工作,称为 IdPhO(International distributed Physics Olympiad)。此次竞赛采用线上考试的形式,跨越了14个时区,俄罗斯的组织者和命题者为此做出了很大努力。官方网站可见:<https://i20.mipt.ru>。

### 问题1: 带电粒子在立方体中的振动

如图1所示,有一个边长为 $a$ 的立方体均匀带电,电荷密度为 $\rho$ ,一个狭窄的直通道穿过该立方体的中心。该通道从立方体的中心到某侧面交点的距离为 $L$ 。通道中有一个质量为 $m$ 的粒子,带电

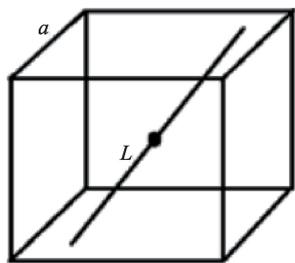


图1

量为 $q$ ,立方体和粒子电性相反。试求粒子在立方体中心附近做微小振动的周期。忽略粒子和立方体的引力相互作用。

### 问题2: 悬挂在磁场中的金属丝

如图2所示,由不计重量的柔软金属丝制成一个回路,通有电流 $I$ 。回路上端固定在天花板上,一个重物悬挂在回路的最低点。回路的一半长度为 $L$ ,回路置于竖直向上的磁场 $B$ 中。达到平衡时回路上方的悬点与下方的悬点不在同一竖直线上。如果两个悬点在竖直方向的高度为 $H$ ,试求金属丝的的张力 $T$ 和重物重量 $P$ 。

### 问题3: 悬挂在磁场中的轻杆

一根长度为 $2R$ 的不计重力的轻杆垂直放置于匀强磁场中,磁感应强度为 $B$ 。两个质量与电荷量

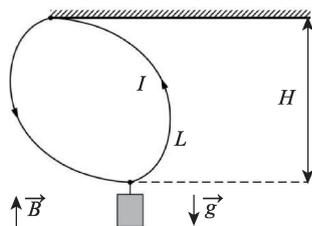


图2

均相同的小球分别连接在轻杆的两端,小球质量为  $m$ , 电荷量为  $q$ 。磁场沿着  $z$  轴方向,杆的中心位于坐标轴原点。沿着  $z$  轴方向使小球获得大小相同、方向相反的初速度  $v$ 。试求(1)小球在  $z$  轴方向的最大坐标  $z_{\max}$ 。结果用  $q, B, m, v, R$  表示;(2)此时小球的加速度大小,结果用  $q, B, m, v, R, z_{\max}$  表示。

第一题共有三个小题组成,涉及到力学和电磁学的基本知识。以往的 IPHO 或者 APHO 的赛题,一般具有明显的科研或者生活情境,这道赛题没有明显的背景,是一道中规中矩的物理题。第一小题

考察了高斯定理和简谐振动;第二题考察了安培力,可以从受力平衡的角度,也可以从能量角度进行求解;第三题重点考察了粒子在磁场中的运动,角动量守恒,也可以通过广义动量求解该问题。

\* \* \* \* \*

欢迎读者朋友参与“物理奥赛”系列专题的有奖竞答活动,并在答案公布前将您的解答发送至 aosai@ihep.ac.cn 邮箱。对于参与并答对每期题目的前 20 名读者,编辑部将赠阅 1 年《现代物理知识》杂志。



## 她用物理的情趣,引我们科苑揽胜; 她用知识的力量,助我们奋起攀登!

### 欢迎投稿,欢迎订阅

《现代物理知识》杂志隶属于中国物理学会,由中国科学院高能物理研究所主办,是我国物理学领域的中、高级科普性期刊。

为进一步提高《现代物理知识》的学术水平,欢迎物理学界的各位专家、学者以及研究生为本刊撰写更多优秀的科普文章。投稿时请将稿件的 Word 文档发送至本刊电子信箱 mp@mail.ihep.ac.cn, 并将联系人姓名、详细地址、邮政编码,以及电话、电子信箱等联系方式附于文章末尾。

所投稿件一经本刊录用,作者须将该论文各种介质、媒体的版权转让给编辑部所有,并签署《现代物理知识》版权转让协议书(全部作者签名),如不接受此协议,请在投稿时予以声明。来稿一经发表,将一次性酌情付酬,以后不再支付其他报酬。

《现代物理知识》设有物理知识、物理前沿、科技经纬、教学参考、中学园地、科学源流、科学随笔和科苑快讯等栏目。

2021 年《现代物理知识》每期定价 10 元,全年 6 期 60 元,欢迎新老读者订阅。

需要过去杂志的读者,请按下列价格付款。

2010~2020 年单行本每期 10 元; 2010~2019 年合订本每本 60 元。

#### 订阅方式

(1) 邮局订阅 邮发代号:2-824。

(2) 编辑部订阅(请通过银行转账到以下账号,并在附言中说明“现代物理知识\*\*年\*\*期”)

名称:中国科学院高能物理研究所

开户行:工商银行北京永定路支行

账号:0200004909014451557

(3) 科学出版社期刊发行部:联系电话 010-64017032 64017539;

(4) 网上购买:搜淘宝店、微店店铺名称:中科期刊; 淘宝购买链接:

<https://item.taobao.com/item.htm?spm=a1z10.3-c.w4002-17748874504.9.3473bd0e1SdzHy&id=520828395681>

微店购买链接:

<https://weidian.com/item.html?itemID=2561726602>

或扫描下方二维码:



淘宝网购刊



微信购刊