

物理量的数量级及其数值估算

张博洋 庞金富

(华北航天工业学院基础部 河北廊坊 065000)

物理世界,气象万千。由此决定了我们在进行科研工作时,在选择和建立恰当的数理模型之前,必须掌握各个物理特征量的数量级,并事先对各种事物作粗略的数量级估算,进而才能判定某个物理现象的主要机制,这是一种起码的科研素质。

掌握一些物理特征量的数量级,往往是一个科学技术问题研究的关键。若我们平时就培养学生注意各种物理量的尺度大小及其改变所带来的影响,善于引导学生练习对各种事物作粗略的数值估算,有助于增强学生洞察事物本质的本领,更有利于日后参与科研工作对科学素养的需要。

比如,把某些宏观物理量的数量级告知学生是大有裨益的:若认为宇宙是有限的,则按牛顿力学计算出的宇宙半径大约为 10^{26} m;目前公认的地球年龄为 4.6×10^9 年,银河系的年龄约为 1.5×10^{10} 年;若认为宇宙在时间上有起点,则其年龄约有 1.5×10^{10} 年;太阳现有的年龄约 5×10^9 年。诸如此类的一些数字并不要求学生记忆,但作为必要的科学知识,对学生是大有帮助的。

首先,和人类最密切的 3 个天体,其基本参量的数量级应教给学生:

表 1

	质量 M (kg)	体积 V (km ³)	表面积 S (km ²)	半径 R (km)
地球	5.976×10^{24}	1.083×10^{12}	5.101×10^8	6371
太阳	1.989×10^{30}	1.412×10^{18}	6.087×10^{12}	6.90×10^5
月亮	7.350×10^{22}	2.200×10^{10}	3.796×10^7	1738

其次,我们不妨也可把太阳系九大行星的最基本数据作一比较告诉学生:(表 2)。另外,某些微观物理量的数量级也最好让学生记住(表 3)。

极为关键的一些物理常数及微观单位与宏观单位的换算量,学生也是不应该出错误的(表 4)。

表 2

	赤道半径(km)	质量(以 $M_{地}=1$ 为参考)
地球	6378	1
金星	6070	0.82
木星	71540	318
水星	2440	0.056
火星	3389	0.108
土星	60330	95.1
天王星	26145	14.5
海王星	25000	17.2
冥王星	1500~1800	0.002

表 3

基本电荷(e)	1.602×10^{-19}
电子质量(kg)	0.910×10^{-30}
质子质量(kg)	1.672×10^{-27}
中子质量(kg)	1.675×10^{-27}
第一玻尔半径(m)	5.29×10^{-11}
钠黄光波长(10^{-10} m)	5896

表 4

真空电容率(k/m)	8.85×10^{-12}
真空导磁率(NA^{-2})	12.56×10^{-7}
万有引力常数($\text{m}^3\text{kg}^{-1}\text{s}^{-2}$)	6.67×10^{-11}
普朗克常数(JS)	6.62×10^{-34}
阿伏加德罗常数(mol^{-1})	6.023×10^{23}
玻尔兹曼常数(JK^{-1})	1.38×10^{-23}

引导学生对上述数据心中有数后,还应善于诱导学生运用这些数据估算一些实际问题。这是启迪学生对学习物理学产生兴趣的一个很重要的方面,它比做那些枯燥无味的偏难怪题更有实际意义,请看例题。

例 1 试估算地球大气层的总质量

解:由标准大气压 $1 \text{ atm} = 1.013 \times 10^5 \approx 10^5 (\text{N/m}^2)$ 可知,其数值可视为在 1 m^2 地面上的大气气柱重量,故

联系的。因此,陈建国先生大胆断言:“动质量 m 和速度 v 构成统一变量的思想,是牛顿力学中的辩证法灵魂,也是牛顿力学中早就蕴涵的相对论因素。”

掀开这一段尘封的历史,使人们不能不对牛顿

——这位人类科学史上的巨人,几百年前的真知灼见而唏嘘不已。也许在那时,他就在冥冥之中预感到物理学未来的发展,于是就在自己的伟大发现中,留下了一条耐人寻味的退路!

光多普勒效应及应用

金永君

(黑龙江科技学院基础部 鸡西 158105)

一、光多普勒效应的物理原理

当光源和接收器之间有相对运动的时候,接收器受到的光波频率不等于光源的频率,这就是光学的多普勒效应或电磁波的多普勒效应。因为光是一种高速运动的物质,并且其传播不需要介质,因此光多普勒效应与声多普勒效应有本质的区别。下面按相对论的观点对光多普勒效应进行分析。

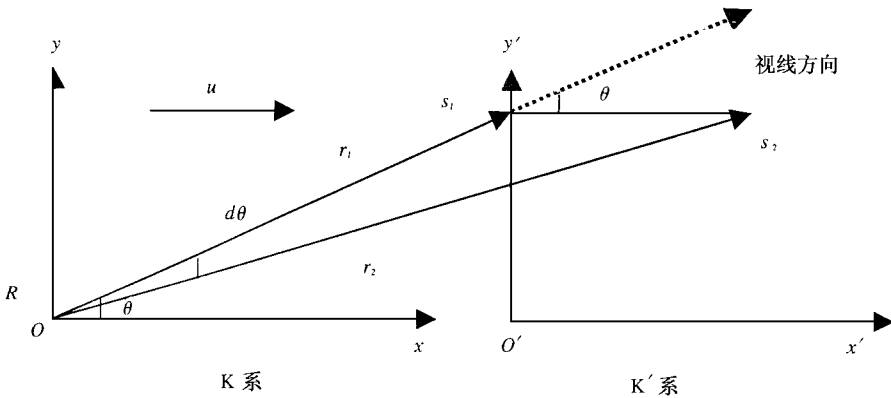


图1 光多普勒效应

参照图1,设接收器R固定在惯性坐标系K中的O点,单色光源S固定在另一惯性坐标系K'中,

其质量 $M = 10^5 / g \approx 10^4 (\text{kg}/\text{m}^2)$

\therefore 地球表面总面积 $S = 4\pi R^2 = 5.101 \times 10^8 (\text{km}^2) \approx 5 \times 10^{14} (\text{m}^2)$

$\therefore M = 10^4 \times 5 \times 10^{14} = 5 \times 10^{18} (\text{kg}) \approx 1/10^6 M_{\text{地}}$

例2 假设水分子之间是紧密排列的,试估算水分子的间距

解: 1 mol 水的质量 $m = 18 \times 10^{-3} \text{kg}$, 又水的密度 $\rho = 10^3 \text{kg}/\text{m}^3$

\therefore 1 mol 水的体积 $V = m/\rho = 1.80 \times 10^{-5} (\text{m}^3)$

又 1 mol 水的分子数 $n_0 = 6.023 \times 10^{23}$

\therefore 每个水分子的体积 $V = v/n_0 = 1.80 \times 10^{-5} /$

$6.023 \times 10^{23} \approx 3 \times 10^{-29} (\text{m}^3)$

若把水分子视为立方体,故水分子间距

$$d = \sqrt[3]{V} = \sqrt[3]{3 \times 10^{-29}} \approx 3.10 \times 10^{-10} (\text{m})$$

赵凯华先生在《定性与半定量物理学》一书中,曾举了一个更加有趣的例子,即怎样用物理学的方法

K'系相对于K系沿x轴以速度u运动,光源s位于y'轴上某点,速度u和接收器R到光源s的连线夹角为 θ ,而 θ 角会随时间的改变而变化。相对K'系静止的光源从K'系的 t'_1 时刻开始发出一列光波,这个波列发射的截止时刻为 t'_2 ,于是在K'系中此波列发射时间为 $(t'_2 - t'_1)$,在这段时间内发射的波长个数为N,即光源的频率为:

$$\nu_s = N / (t'_2 - t'_1)$$

在接收器坐标系K中来看,此波列发射始于 t_1 时刻,相应这一时刻光源位于 S_1 处,此扰动以光速c向接收器传过来,传到接收器要用一段时间 r_1/c ,

所以接收到这个扰动的时刻是:

$$\tau_1 = t_1 + r_1/c$$

在K系中来看,该波列发射截止于 t_2 时刻,相应这一时刻光源位于图中 S_2 处,从 t_1 到 t_2 这段时间内光源沿x轴方向移动了 $u(t_2 - t_1)$ 距离。设 $(t'_2 - t'_1)$ 很小,即 $(t_2 - t_1)$ 很小,以致这段时间内角 θ 基本上不变。因此: r_2

$$= r_1 + u(t_2 - t_1)\cos\theta。$$

t_2 时刻光源发出的扰动传到接收器R的时刻为:

法来估算一个人一天需吃多少食物? 他在此书中作了这样的估算: 设人的体重为60kg, 由于人体的大部分物质是水, 若人体比热值取作1kcal/kg K。设室温是300K, 人体体温310K, 则人体死亡后其尸体释放的热量为

$$Q = Cm(T_2 - T_1) = 60 \times 1(310 - 300) = 600 (\text{kcal}),$$

尸体降温按指数规律估算, 上述数值相当活人半天内散热量的60%, 也即活人半天内散热1000kcal, 一天内散热2000kcal。由于葡萄糖的含热值为3.81kcal/g, 则一个60kg体重的人一天食物量应为2000/3.81=520(g), 相当一斤多一点。

这样的有趣估算实例告诉我们, 物理学确实紧密联系着人类生活的方方面面。引导学生沿着素质教育的教学方向去学物理、教物理, 主动沿着这条思路去开发、研制、编写物理问题和习题, 那么物理教学的潜在领域真是大有可为。