

PHYSICS BULLETIN

物理通报

要目

- 思维导图在物理教学中的应用
- “问题导学”物理课堂教学模式的探索
- 范德瓦耳斯气体直线过程的若干讨论
- 大学物理网络分级学习平台设计探讨
- 有效教学要真正做到“以学定教”
- 变化情境的识别与模型的重现重建
- “光具座”用途拓展实例三则
- 重力的新定义:动量流的视角
- 高中物理新课程中相对论的教学研究
- 论物理教师的文化使命

《中国核心期刊(遴选)数据库》全文收录

WULI TONGBAO

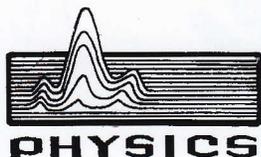
主办 河北省物理学会
中国教育学会物理教学专业委员会

2013/2

封面题字: 欧阳中石

物理通报

中石题



主 编 傅广生
编 辑 部 杨志平
主 任
责任编辑 赵宝霞
李艳丽

期刊名称 物理通报
主管单位 河北省科学技术协会
主办单位 河北省物理学会
中国教育学会物理
教学专业委员会
编辑出版 物理通报编辑部
印 刷 保定市中国画美凯
印刷有限公司
发行范围 国内外公开发刊
国内发行 保定市邮政局
国外发行 中国国际图书贸易
总公司(北京 399 信箱)
订 购 全国各地邮政局
邮发代号 国内 18-54
国外 M4446
出版日期 2013年2月10日
主 编 傅广生
中国标准连续出版物号
ISSN 0509-4038
CN 13-1084/O4
国内定价 16.00元

目 次

物理教学新思想 新视角

思维导图在物理教学中的应用 钱奇兰(2)

课程改革探索与讨论

“问题导学”物理课堂教学模式的探索 李冬云(5)

大学物理教学

范德瓦耳斯气体直线过程的若干讨论 张金荣 刘应开(7)

“选系法”在力学中的运用 刘俊娟 魏增江(12)

研究性学习的调查对大学物理教学的启示 徐红霞等(14)

从电磁学内容探讨高中与大学的物理教学衔接 于 军等(19)

大学物理网络分级学习平台设计探讨 杨长铭 王宏伟(22)

浅谈大学物理教学的语言艺术 冯蒙丽等(25)

中学物理教学

有效教学要真正做到“以学定教”

——听优质课展评有感 邹湘江(27)

用摩擦角概念理解自锁问题 胡双根 刘 燕(29)

变化情形的识别与模型的重现重建 李鸿彬(30)

少用“二级结论”教学 着力培养学生分析综合能力 向国庆(33)

解题思路与技巧

运用圆的知识求解物理问题 杨国平(35)

物理试题中常出现的一类命题失误 刘密祥(38)

对一道静电计相关易错题的深入分析 刘庭华(41)

物理实验教学

“光具座”用途拓展实例三则 韩独石(43)

一种描绘静电场分布的实验装置 欧英雷(45)

测定钢丝杨氏模量的实验方案研究 林登清等(47)

静电场模拟实验数据处理问题解析 乔月凤 范春风(51)

互感现象方案设计与实验 黄春如 熊小兰(54)

应该尽量让学生了解实验装置的工作原理.在进行学生实验时,应该让学生在明确实验目的、理解实验原理的前提下独立操作实验.

——中华人民共和国教育部制定:
普通高中《物理课程标准》(实验)

2
2013

2013年第2期
(2月10日出版)

振动图像描绘实验的新设计 聂爱军 乔密海(57)
用DIS系统探究光电效应实验规律 康良溪(59)
模拟法描绘静电场实验中导电液体的
选择与研究 付芳芳等(63)

教育技术应用

物理教学与信息技术的有效整合 徐君生(65)
应用Flash软件研究动量守恒定律 姚俊(68)
DIS实验在初中物理教学中的
应用初探 沈孝兵 杨理(71)

竞赛 考试与评价研究

浅谈描点作图题的图线该如何画
——由2012江苏物理高考参考答案
不妥说起 王仁泉(73)
构建运动模型 巧求曲率半径 刘益民(75)
试从“五角度”商榷“拖把”题 钟鸣(80)
与“矿井”有关的高考物理选择题的
分析与拓展 刘振华(82)
2012江苏高考物理14题要点突破
——不计质量的力学模型 潘霞娟(84)
近五年高考新课标全国卷理综物理
选择题分析 李红伟(86)

物理问题讨论

对教学中某些实验的质疑(下) 王绍符 张喜荣(90)
重力的新定义:动量流的视角 陈敏华(94)
释疑机车启动的有关问题 庞艳红等(98)
“关于人们看到水中鱼的一些特点”
一文的商榷 王学良(99)

细线绕柱问题的探讨 李力(101)
对力学中一表达式的审视和再修正 王光宇(102)
对2012年全国高考理综21题的讨论 薛文堂(105)

物理教育与课程论

高中物理新课程中相对论的教学研究 黄皓(107)

物理学史与教育

麦克斯韦精确验证电力平方反比律的
实验和理论 魏标(111)

物理·科学·文化

拓展中国传统文化在大学物理课堂
教学中的应用 苑新喜等(115)
论物理教师的文化使命 解世雄(118)

物理·技术·应用

直拉硅单晶位错与微缺陷的
产生原理及其检测方法 李孟 刘俊飞(121)

| 短文荟萃 |

谈库仑定律的适用条件 蔡亮(124)
巧用自感规律解物理竞赛题 许文龙(125)
求解碰撞次数的突破口 马绪友(126)
“热气球”演示实验创新设计 王晶(127)
一道光学高考题的三种解法 刘金山(128)

重力的新定义:动量流的视角*

陈敏华

(绍兴县豫才中学 浙江 绍兴 312000)

(收稿日期:2012-06-08)

摘要:当前流行着各种各样重力的定义,这些定义在重力和相关概念(如失重)的教学中会出现混乱.运用动量流的概念,笔者找到了一种新的重力的定义.它可以避免这种混乱.

关键词:重力 定义 实物型物理量 动量流

重力是一个变化中的概念.我们可以从国内外文献中找到各种各样对重力的定义的表述.在美国物理教师协会(AAPT)的两本杂志《美国物理学杂志》和《物理教师》中发现,早在19世纪60年代初就开始有这方面的争论了^[1,2],并一直持续到现在^[3,4].

最近,我国的一些学者在《物理教学》、《物理通报》等杂志上也在讨论这个问题^[5~8].我们可以将这些不同的重力的定义分为两大类,第一类是把作用在物体上的万有引力定义为重力,这种重力的定义叫做万有引力定义(gravitational definition);第二类是把用重力测量仪的示数或物体对支持物(或悬挂物)的力定义为重力,这种重力的定义叫做操作型定义(operational definition).这两种定义有一个共同的特点,即它们都与力的概念有关.

根据爱因斯坦的观点,物理理论(和概念)建立在人们对世界的感知和经验的基础上,因而具有心理学上的意义^[9].然而,我们所能感知到的不是力,而是流过我们人体的动量流(momentum current),或叫做应力(stress).例如,如果我们用双手将自己悬挂在一根杆子下,作用在身体上的合力为零,但通过人体的动量流不为零^[10].在上述情况中,我们的身体有一种重力感.所以,力的概念与我们对重力的感知是不一致的.因此,运用力的概念来定义重力自然会引入混乱.而运用德国卡尔斯鲁厄物理课程(The Karlsruhe Physics Course)^[11]所倡导的动量流的概

念,可以得到一个符合爱因斯坦上述观点的重力的新定义.这一新的定义可以帮助我们避免一些混乱和正确理解有关重力的一些现象(如失重).

1 重力的万有引力定义

在较早的物理教科书中,物体的重力被定义为地球作用在物体上的万有引力.这个定义有一定的局限性,这是因为它仅仅指在地球表面的物体的重力.如果物体在其他星球上或在空间某一位置,这一定义就不适用了.这样,有人就将这一定义作了拓展,把物体的重力定义为宇宙中所有其他物体对它的万有引力的合力^[12].根据这一定义,重力可以用公式 $W = m\gamma$ 来表示,式中 γ 是物体所在位置处的引力场强度, m 是这个物体的质量^[2].在地球表面,这个公式为 $W = mg$, g 为地球表面的重力加速度,又叫做地球表面的自由落体加速度(freefall acceleration).

然而,这一定义不符合人们在一些特殊情况下(在考虑地球自转的情况下,在升降机中,在宇宙飞船中,在自由落体中,等)对万有引力的有关现象所形成的经验.这样,物体的重力又被定义为 $W' = mg_R$, 式中 g_R 是物体相对于某一参考系的自由落体加速度^[2].在这个定义中,重力是相对于某一参考系而言的.为了保留原来对重力的定义,一些学者把 W 叫做真重(true weight),把 W' 叫做视重(apparent weight).^[2]

* 系2011年浙江省教育科学规划课题“中德高中物理课程比较研究”成果之一,编号:SC223

作者简介:陈敏华(1962-),男,博士,正高,主要从事物理课程和教学论研究.

2 重力的操作型定义

上述视重的概念符合国际标准组织 ISO(The International Organization for Standardization)对重力的定义^[13]. 这一标准被引入到了我国正在执行的国家标准“力学的量和单位”即“物体在特定参考系中的重量为使该物体在此参考系中获得其加速度等于当地自由落体加速度的力. 当此参考系为地球时, 此量常称为物体所在地的重力. 值得注意的是, 重量不仅与物体所在地的引力的合力有关, 而且与由于地球自转引起的当地离心力有关. 由于浮力的作用被排除, 因此, 所定义的重量是真空中重量.”^[14]这一重量(即重力)的定义看上去已被国际上所接受.

然而, 视重的概念在讨论失重现象时会产生不一致的情况. 首先, 如果我们把重力仪的实际读数叫做视重, 那么, 对于失重现象我们也应该叫做“视失重”, 而这与实际观察到的情况是不一致的. 其次, 如果我们把重力与某一参考系联系起来, 这样, 物体的重力就取决于所选取的参考系了. 如果这样的话, 失重现象也只能在特定的参考系中观察到^[4]. 而实际上, 在一个与自由落体相对静止的参考系中能观察到的失重现象, 在一个相对于地球静止的参考系中也同样能观察到. 这说明物体处于失重时, 实际上真的缺少了一种“东西”, 并且, 这一现象与参考系无关, 即在任何参考系都能观察到这一现象.

为了消除这些不一致的情况, 国外一些学者提出了操作性更强的重力的定义. 这些定义又可以分为两类. 一类是把重力简单地定义为重力仪的读数^[15], 或把重力定义为支承面对静止在它上面的物体的支持力^[16,17](有些学者甚至倒过来把重力定义为物体作用在支持面上的力^[1]). 另一类是把重力定义为人对重力的感觉^[18], 或者说人体组织形变引起的感觉^[3], 即物体内部的应力^[19,20]. 显然, 这些定义更加清楚地描述了重力的可观察性. 但我们发现, 这些定义是不够精确和确切的. 首先, 对于上述第一类重力的定义, 由于支持面的倾斜度的不同, 重力仪所测出的重力读数是不确定的, 它会随着支持面的倾斜度的改变而变化. 显然, 我们不能接受物体的重力会随支持面的倾斜度的改变而变化这一结论. 其次,

对于上述第二类重力的定义, 这类定义没有告诉我们是重力的哪些因素引起了物体的形变, 也无法告诉我们是什么原因导致自由下落的物体的内部应力变为零的.

3 重力的新定义

我们迫切需要对重力进行重新定义, 消除在解释重力和失重现象时所出现的不一致甚至混乱的情况. 一种基于动量流概念的重力的新定义, 可以帮助我们解决这一问题.

动量是广延量(extensive quantity), 又叫做实物型量(substance-like quantity)^[21~23], 这些量包括质量、能量、动量、角动量、电荷量、物质的量和熵. 显然, 动量在力学中是一个处于核心地位的物理量. 在力学中, 牛顿定律实际上就是动量守恒的表达式. 在一个耗散过程中, 动量自发地从速度大的物体流到速度小的物体. 如果要让动量朝与自发的方向相反的方向流动, 就需要动量泵(momentum pump).

图1是演示动量流的一个装置. 动量从人的肌肉通过上面的弹簧流到箱子, 再从下面的弹簧流回到人. 取从左向右的方向为正方向, 处于拉伸的弹簧表示正的动量向负方向流动, 处于压缩的弹簧表示正的动量向正方向流动. 图1中板下面的轮子使动量无法流向地面, 因此, 它们是动量的绝缘体. 这里, 人起着动量泵的作用^[24,25].

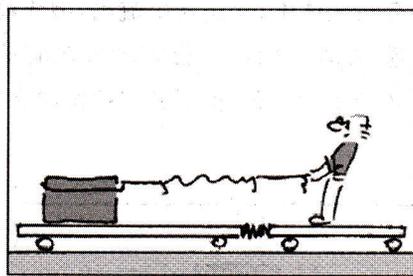


图1 动量流的方向可以从拉伸或压缩的弹簧中显示出来^[11]

现在我们来讨论引力场中的动量流. 我们把这种动量流叫做引力动量流(gravitational momentum current). 所有物体都沉浸在引力场中. 动量通过引力场传到物体. 例如, 一个人静止地站在地面上(图2). 作用在这个人的合力为零. 但由于有动量流过人体, 因此, 他有一种重力感. 动量通过引力场从地球传递到人体, 然后通过人体流回大地. 取向下的方向

为正方向. 由于正动量在人体内向正方向流动, 人体处于压缩状态.

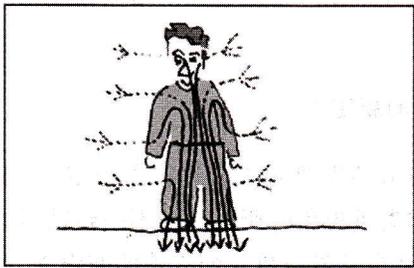


图2 从引力场传递到人体的动量又通过人体流回到大地. 人体处于压缩状态^[11]

图3是这个人体的模型. 它由上下两部分组成. 从图3中可以看出, 从上部分流出的动量流是从下部分流出的动量流的两倍.

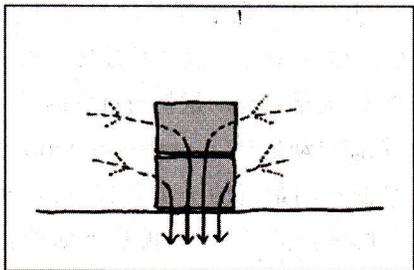


图3 静止地站在地面上的人的模型. 它由上下两部分组成^[11]

现在让这个人体模型做自由落体运动, 如图4所示. 它在自由下落的过程中, 不断地加速. 这就意味着, 它不断地通过引力场从地球吸收动量. 这些动量只能储存在人体中, 无法从中流出, 因为没有动量流出的通道. 在人体内部也没有动量在流动. 因此, 人体既不处于压缩状态, 也不处于拉伸状态, 而处于失重状态.

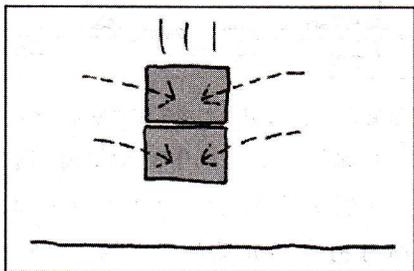


图4 自由落体处于失重状态. 在自由落体内部没有动量流^[11]

现可以用动量流的概念给重力下一个新定义了:

一个物体的重力的大小等于从这个物体流出的引力动量流的强度.

4 结论

力是一个高度抽象的概念. 因此, 用力的概念来定义重力往往会与实际的现象不一致, 从而产生一些混乱情况. 用动量流的概念所定义的重力具有以下几个优点:

首先, 这个定义与有关重力的现象相一致. 我们知道, 动量流能引起人体的内部发生形变, 人因此会有相应的感觉. 因此, 当人自由落下时产生的失重感的原因不是内部应力的抵消^[20], 而是因为人体内部根本没有引力动量流. 一个静止地站在地面上的人之所以会在脚部强烈地感受到一种压迫感, 是因为有引力动量流从其脚底流出. 所以, 对引力动量流的感觉是定义重力和失重的一个重要依据.

第二, 这个定义非常确切. 物体的重力应该由它的质量、它所处的位置和它的运动状态来决定.^[20] 由此, 我们可以认为不应该出现如 Bartlett 所说的“在不同的参考系中可以观察到不同的重力”的结论^[4]; 也不应该出现如 Sokolowski 所说的“物体的重力随支持面的倾斜程度的改变而变化”的结论^[15]. 根据重力的新定义, 物体的重力确切地由物体内部由于万有引力引起的应力所决定. 虽然物体的运动状态取决于所选的参考系, 但从物体流出的引力动量流在不同参考系中是相同的. 如果物体静止在一个斜面上, 它通过引力场从地球所吸取的动量通过两种渠道流回大地. 这两种渠道就是垂直于斜面的支持作用和沿斜面的静摩擦作用.

第三, 这个定义非常简明, 符合教学的要求. 非常明显, 与 ISO 对重力的定义比较, 这个定义简单而明了, 因而容易理解. 例如, 在这个定义中, 我们没有必要指出重力与离心力和科里奥利力有关, 也没有必要指出空气浮力的作用应该被排除在重力的定义之外. 在这个定义中, 浮力明显地是一种对物体的支持作用, 因而是引力动量流从物体流向大地的一个“通道”. 因此, 物体在受到浮力作用时, 并不处于失重状态.

最后, 重力的新定义帮助我们清楚地区别重力和万有引力两个不同的概念. 现在我们知道, 作用在物体上的万有引力是由动量的辐射传递 (由于动量的辐射传递, 在图 2, 3, 4 中很难表示动量流从引力场流到物体的某一部位的确切路径, 因此, 用虚线来

表示)所导致的物体的动量吸收率(momentum sink rate),而重力是从物体流出的引力动量流.从这一点上来说,“超重”这一概念应取消,因为物体的重力最大值等于它受到的万有引力,即物体只会处于失重状态而不会处于“超重”状态.

参考文献

- Allen L. King. Weight and Weightlessness. *Am. J. Phys.* 30. 387 (May 1962)
- Francis W. Sears. Weight and Weightlessness. *Phys Teach*, 1. 20 ~ 23 (April 1963)
- Pirooz Mohazzabi. Why Do We Feel Weightless in Free Fall?. *Phys Teach*, 44. 240 ~ 242 (April 2006)
- Albert A. Bartlett. Apparent Weight; A Concept that Is Confusing and Unnecessary. *Phys Teach*, 48. 522 ~ 524 (Nov. 2010)
- 范晓波. 重力是万有引力的一个分力吗?. *物理通报*, 2010(4):70 ~ 80
- 冯海燕. 辨析重力与万有引力的关系. *物理通报*, 2010(4):81 ~ 82
- 赵凯华. 概念的形成是首要的,然后才是名称——谈“重力”的定义. *物理教学*, 2011(1):9 ~ 10
- 赵坚,李力. 关于重力与万有引力关系的再探讨. *物理教学*, 2011(1):10 ~ 12
- I. Galili and Y. Lehari. The Importance of Weightlessness and Tides in Teaching Gravitation. *Am. J. Phys.*, 2003(71):1127 ~ 1135
- Hans U. Fuchs. Do We Feel Forces. Paper presented at the Second International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics. July 26 ~ 29. 1987. Cornell University, Ithaca, New York, USA. J. D. Novak, ed. *Proceedings Volume III*, 152 ~ 159
- F. Herrmann. *Der Karlsruher Physikkurs*. (Köln: Aulis Verlag Deubner, 2003)
- Francis W. Sears. Mark W. Zemansky, Hugh D. Young. *University Physics*, (Addison - Wesley Publishing Company, 1976), 74
- ISO 31 - 3. "Quantities and Units. Part 3, Mechanics," 1992
- 国家标准“力学的量和单位”(GB3102.3-93)
- Andrzej Sokolowski. Weight—A Pictorial View. *Phys. Teach.*, 37, 240, (April 1999)
- C. H. Holbrow. Physics of Living in Space: A New Course. *Am. J. Phys.*, 49, 725 ~ 732, (Aug. 1981)
- Roy Bishop. Weight—An Accurate, Up-to-Date, Layman's Definition. *Phys. Teach.*, 37, 238 ~ 239, (April 1999)
- D. F. Knudsen. Right Way Up. *Phys. Teach.*, 11, 351 ~ 352, (Sep. 1973)
- Erna M. J. Herrey. Weight and Weightlessness of Elastic Solids. *Am. J. Phys.*, 31, 458 ~ 459, (June 1963)
- A. P. French. On Weightlessness. *Am. J. Phys.*, 63, 105, (Feb. 1995)
- G. Bruno Schmid. An Up-to-date Approach to Physics. *Am. J. Phys.*, 52, 794 ~ 799, (Sep. 1984)
- G. Bruno Schmid. A New Approach to Traditional Physics. *Phys. Teach.*, 24, 349 ~ 352, (Sep. 1986)
- F. Herrmann. The Karlsruhe Physics Course. *Eur. J. Phys.*, 21, 49 ~ 58, (Jan. 2000)
- F. Herrmann, G. Bruno Schmid. Statics in the Momentum Current Picture. *Am. J. Phys.*, 52, 146 ~ 152, (Feb. 1984)
- F. Herrmann, G. Bruno Schmid. Analogy between Mechanics and Electricity. *Eur. J. Phys.*, 6, 16 ~ 21, (Jan. 1985)

A New Definition of Weight: The Momentum Current Perspective

Chen Minhua

Abstract: There are various definitions of weight. These definitions of weight lead to confusions in teaching the concept of weight and its relation to weightlessness. Using the concept of momentum current, we can get a new definition of weight, which can help us to remove the confusing inconsistencies.

Key words: weight; definition; substance-like physical quantity; momentum current