

北京高考是如何评鉴考生的

—高中物理学科能力及核心素养的评价报告

杨君 主编



北京理工大学出版社



北京高考是如何评鉴考生的

——高中物理学科能力及核心素养的评价报告

杨 君 主编

图书在版编目 (CIP) 数据

北京高考是如何评鉴考生的: 高中物理学科能力及核心素养的评价报告/杨君主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2017. 2

ISBN 978 - 7 - 5682 - 3670 - 6

I. ①北… II. ①杨… III. ①中学物理课 - 高中 - 升学参考资料 IV. ①G634. 73

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 029865 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市华骏印务包装有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 10.5

字 数 / 234 千字

版 次 / 2017 年 2 月第 1 版 2017 年 2 月第 1 次印刷

定 价 / 25.00 元

责任编辑 / 武丽娟

文案编辑 / 杜春英

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 王美丽

编写委员会

王 军 王运森 王朝祥 付鹏娟
任 涛 苏明义 杨永丽 杨清源
吴秀梅 张思宇 陈 亮 陈 磊
魏 华

序言1)))

物理核心素养是本次高中物理课程标准修订的亮点，是指学生在接受物理教育过程中逐步形成的适应个人终身发展和社会发展需要的必备品格和关键能力，是学生通过物理学习内化的带有物理学科特性的品质。将物理核心素养作为基础教育阶段物理课程的总目标，充分体现了物理学科的教育价值，得到了专家、学者和一线物理教师的普遍认同。

物理核心素养统领了本次高中物理课程标准修订中目标的设计、课程内容的选择和组织、课程的实施和评价。这就提出了一个需要深入研究的课题，如何对物理核心素养进行有效测评？唯有解决了这个问题，并将其体现在高中物理合格考试和学业水平测试中，才能使高中物理课程标准的理念和目标真正落到实处。

虽然物理核心素养的概念是在本次高中物理课程标准修订时第一次明确提出，但物理教育领域对其中包括的物理观念、科学思维和科学探究等方面的培养和测评的探索一直在进行。自北京市高考单独命题以来，物理学科坚持了学科能力的命题导向，注重在真实情境中考查学生对物理核心概念的深入理解，考查学生在科学建模、科学推理和论证、实验探究等方面能力的发展情况，探索了从“知识立意”到“能力立意”再到“价值观和文化立意”的命题取向，对北京市的高中物理教学起到了良好的导向作用。纵观 13 年来的北京市物理高考试题，明显呈现出如下特点：第一，设计理念先进，具有时代性，注重从真实的生活、科技情境中选取命题素材，考查学生运用所学知识和方法分析和解决实际问题的能力；第二，注重围绕物理学的核心观念命题，如力与运动的观念、能量观念、守恒观念等，考查学生对物理学科的深度理解和整合认知；第三，试题情境蕴含丰富的价值观和人文教育因素，渗透着潜移默化的教育效果。例如，2008 年有一道新能源汽车的题目就是结合北京奥运会的主题设计的，在考查学生能量观念和建模、论证等能力的同时，彰显了绿色、环保的现代理念。每一道题目都经过命题组的精雕细琢，凝聚着命题专家的智慧 and 心血，并经过了北京市理科考生的测试检验，堪称高中物理试题中的精品和范例，为物理核心素养测评积累了珍贵的资源，值得从多角度进行深入分析和研究。

本书就是北京市的教育测评专家、中学教研员和高中骨干教师对高考物理试题所做的深入研究的成果。编者对北京市自主命题的 13 套高考物理试题进行了分类整理，从物理核心



素养的角度来看，其中基础知识篇和科学方法篇侧重对物理观念和科学思维的测评，物理实验篇和科学探究篇侧重对科学思维和实验探究能力的测评，试题情境的创设体现了对科学态度与责任的正确价值导向。编者对其中的每道试题都从立意及考点、能力考查、核心素养和考查路径四个方面进行了详细分析和点评，展现了对物理测评的多角度的深入研究，为进一步开展针对物理核心素养的测评研究提供了大量的珍贵资料。我相信，本书的出版不仅对高中物理教师和学生具有重要参考价值，对于物理教育研究者和评价者也将大有帮助。借此机会也祝愿北京市的中学物理教学和评价改革在物理核心素养的引领下更上一层楼。

郭玉英

2016 年 11 月于北京师范大学

序言2)))

杨君发给我《北京高考是如何评鉴考生的——高中物理学科能力及核心素养的评价报告》书稿，并对我说：“关于书稿，请陶老师多多指导，多提宝贵意见，并希望陶老师抽出时间为本书写个序。”我欣然应允。

杨君于2009年毕业于北京师范大学凝聚态物理专业，获得博士学位。毕业后在北京一七一中学做物理教师，期间我与他有过相处。一次我们一同参加全市的会考阅卷工作，休息的时候，小杨与我聊天，谈了许多关于课堂教学中的问题，一些问题是他的教学实践的体会，一些问题是他的个人的见解，一些是他感到困惑的问题。几天的接触给我留下鲜明印象，他好学，爱思考，有探索和进取精神。后来，他调入北京教育考试院，参加高考命题工作。当时正值高考命题从能力立意向考查学生综合素质转变的重要时期。杨君很快进入角色，进行有针对性的调研，向有经验的考试命题、评价专家学习，向区县优秀教研员和优秀教师学习，与高考命题组的同志们一道，提出了北京市高考命题的新思路，并且不断地探索研制符合国家意志，针对北京物理教学的实际情况，着眼未来人才培养需求的高考物理试卷。

为了更好地贯彻党的教育方针，进一步落实素质教育，进一步体现教学与考试的和谐，杨君和他的团队进行了“北京高考是如何评鉴考生的”课题研究。课题研究中，将近年来北京高考物理试题进行梳理，将试题分类为基础知识篇、物理实验篇、科学方法篇和科学探究篇，每篇中包含简介、题例和小结等内容。在简介栏目中对相关概念进行了界定，比如，何为基础知识？对此做了恰当的说明。在题例栏目中，除对每道高考试题提供原题及参考答案外，还从试题的立意及考点、能力考查、核心素养和考查路径等四个方面进行分析和点评。客观地说，近年来的北京高考物理试题，经过高考的检验，已获得物理教师和社会的广泛赞同。试题凝聚着命题组教师、一线教师和相关研究人员多年的研究心血。高考试题已成为重要的教学资源。此课题在研究中，将试题进行系统化、多维度的梳理，并从独特的视角对试题进行分析和表达。这种系统化的分析和表达体现时代精神，体现首都命题研究人员在高考命题和高考评价中的智慧。在小结栏目中，对本篇中的重要内容做了简要的剖析。例如，在基础知识篇中，对试卷如何考查学生的探究能力做了分析和说明，



可谓独具匠心。

课题研究对近些年的北京高考试题做了系统化的梳理、分析和表达。这是一项很有意义的工作，因为没有继承就很难实现发展和创新。相信这项研究对今后的教学、考试、评价将有重要意义，对一线教师优化教学设计、促进形成符合学生认知规律的教学策略有很好的帮助。

北京教科院基教研中心物理室 陶昌宏

2016 年 10 月 7 日

前言

普通高等学校招生全国统一考试是高等学校选拔新生的考试。近年来，随着高考内容和考试形式改革的不断深化，探索与素质教育相适应、与培养和选拔创新型人才相适应的高考命题新思路一直是命题工作的首要任务。命题体现国家意志，具有首都特色的高考试卷也一直是命题工作者不断追求的目标。在改革探索中，高考物理命题逐步由“知识立意”向“能力立意”转变，并不断向考查学生的综合素质转变。在考查学生基础知识、基本方法和基本能力的同时，注重考查学生的综合能力、创新意识和实践能力，注重联系生活实际考查学生综合运用所学知识分析、解决问题的能力。

我们通过组织教育测评专家、中学教研员、高中骨干教师，对2004年至2016年北京物理高考试题进行了全面的分析和回顾。特别是对有代表性的具有北京特色的试题，从命题指导思想、考查内容以及对考生能力及素养的要求等方面进行了深入的分析。在上述工作的基础上撰写了《北京高考是如何评鉴考生的——高中物理学科能力及核心素养的评价报告》。

经过反复研讨，考虑北京市中学物理教育教学的实际，本书从四个方面对北京高考命题进行总结，分别为基础知识、科学方法、物理实验以及科学探究。基础知识部分主要包括对基础概念的理解、物理规律的简单推理及应用，以及基本的学科技能的考查；科学方法部分主要包括常用的物理研究方法以及中学阶段涉及的学科思想的理解和应用；物理实验包括学生实验、演示实验以及教材中涉及的学生活动的考查；科学探究主要是指运用基础学科知识和方法学习新知识、思考新方法并探究新问题。

对于具体的试题，本书从四个方面进行分析讨论，包括考点及立意、能力考查、核心素养和考查路径。一、考点及立意主要分析试题所涉及的主要知识点以及试题命制的意图。二、能力考查方面，《普通高等学校招生全国统一考试北京卷考试说明（理科）》中将物理学科的能力要求划分为理解能力、推理能力、实验能力、应用能力和探究能力，并对各能力要求进行细化，共分为15个具体要求。本书将对试题的能力要求进行细致的分析和明确。三、核心素养方面，结合新课标的精神，本书结合试题对题中所涉及的核心素养的考查进行分析，对北京高考物理试题在核心素养的考查方面进行梳理和总结。四、考查路径方面，本报告对试题如何考查学生的学科能力及核心素养进行深入分析，并对问题解决的思维过程、



难点及易错点进行阐述。

我们希望通过历年物理试题的分析和研究，处理好中学物理教学与考试的关系，促进中学物理的教学向素质教育方向发展。

为便于读者阅读及检索，本书对每道试题均标明出处，格式为“年份－题号”，如“2006－19”表示本题源自2006年北京高考理综卷第19题。

本书是在北京教育考试院的命题成果基础上完成的，同时也得到了区县教研员以及一线教师的大力支持，在此向他们一并表示感谢。

对于本书中存在的任何不妥或疏忽之处，欢迎广大读者批评指正。

2016年11月

目 录

第 1 篇 基础知识篇	1
1.1 简介	1
1.2 题例	2
1.2.1 试题列表	2
1.2.2 试题分析	3
力学部分	3
热学部分	13
电学部分	14
光学部分	24
近代物理部分	27
1.3 小结	29
第 2 篇 科学方法篇	30
2.1 简介	30
2.2 题例	33
2.2.1 试题列表	33
2.2.2 试题分析	34
模型法	34
类比法	46
极限法	64
量纲法	67
估算法	69
控制变量法	70
2.3 小结	71
第 3 篇 物理实验篇	73
3.1 简介	73



3.2 题例·····	75
3.2.1 试题列表·····	75
3.2.2 试题分析·····	76
3.3 小结·····	115
第4篇 科学探究篇·····	118
4.1 简介·····	118
4.2 题例·····	119
4.2.1 试题列表·····	119
4.2.2 试题分析·····	120
4.3 小结·····	151
附录 北京高考物理学科能力要求·····	153

第1篇 基础知识篇

1.1 简介

基础一词，原为建设名词，指建筑物的根脚，建筑物向地基传递荷载的下部结构就是基础，后来衍生为“事物发展的根本或起点”。

在物理教学中，基础知识包括基本概念、基本规律和基本技能。在学习物理知识的过程中，基础知识既是学习的起点，也是进一步学习的基石。基础知识是物理教学的核心，是理解或探究更复杂问题的工具，对于促进学生科学素养的发展具有重要价值。

《普通高中物理课程标准（实验）》在课程总目标中明确提出：“学习终身发展必备的物理基础知识和技能，了解这些知识与技能在生活、生产中的应用，关注科学技术的现状及发展趋势。”高中阶段物理学习的基本任务在于不断加强对物质世界的认识，这种认识不仅包括掌握揭示物理现象本质的概念和规律，而且包括在头脑中逐渐形成对物质结构和物质运动整体物理图景的概括，即建立基本的物理观念。物理学习的行为或行为潜力的变化，形成了学生步入现代社会的必要准备，当学生步入社会后，这些准备就成为他们在社会中生存和发展的重要基础。无论他们从事什么工作、什么职业，所学的物理知识、技能和方法都会在他们的工作中产生较大的影响和作用。

在北京高考物理试卷中，一直非常重视对基础知识的考查，它对考生有两个层次的要求：

- (1) 对概念有基本清晰的判断，能简单套用物理规律解决问题；
- (2) 对概念有深入的理解，能灵活运用物理规律解决问题。

下面从2004年至2016年的北京高考物理试题中选出25道考查基础知识的试题，从立意及考点、能力考查、核心素养、考查途径四个方面进行分析。试题按知识模块分为力学、热学、电学、光学和近代物理五个部分。



1.2 题例

1.2.1 试题列表

模块	题型	序号	代号
力学部分	选择题	【试题 1】	2004 - 16
		【试题 2】	2006 - 18
		【试题 3】	2006 - 19
		【试题 4】	2007 - 19
		【试题 5】	2009 - 17
		【试题 6】	2009 - 18
		【试题 7】	2012 - 18
		【试题 8】	2015 - 18
	论述题	【试题 9】	2012 - 22
热学部分	选择题	【试题 10】	2005 - 14
电学部分	选择题	【试题 11】	2004 - 19
		【试题 12】	2006 - 14
		【试题 13】	2007 - 17
		【试题 14】	2008 - 19
		【试题 15】	2011 - 17
		【试题 16】	2012 - 15
		【试题 17】	2015 - 17
		【试题 18】	2016 - 17
	论述题	【试题 19】	2007 - 22
		【试题 20】	2013 - 22
光学部分	选择题	【试题 21】	2005 - 15
		【试题 22】	2006 - 16
		【试题 23】	2007 - 13
近代物理部分	论述题	【试题 24】	2008 - 14
		【试题 25】	2009 - 14



1.2.2 试题分析



力学部分

【试题1】 (2004-16)

声波属于机械波。下列有关声波的描述中正确的是 ()。

- A. 同一列声波在各种介质中的波长是相同的
- B. 声波的频率越高,它在空气中传播的速度越快
- C. 声波可以绕过障碍物传播,即它可以发生衍射
- D. 人能辨别不同乐器同时发出的声音,证明声波不会发生干涉

【答案】 C

【分析】

1. 立意及考点

本题以声波为例考查机械波的基本知识,涉及机械波的波长、频率、波速等主要概念及其影响因素,要求学生能辨析波的干涉现象和衍射现象,知道干涉和衍射是波的特性,要求学生初步了解惠更斯原理和波的独立传播原理。

2. 能力考查

本题考查学生对物理概念的理解能力。要求学生理解机械波的相关概念,知道各物理量的影响因素,知道干涉、衍射现象的区别与联系。

3. 核心素养

本题涉及物理观念、科学态度与责任两个方面的核心素养。物理观念方面,要求学生知道机械振动在介质中传播形成机械波,机械波在传播运动形式的同时也传播能量、传播信息。科学态度与责任方面,通过对机械波产生机制的深刻理解,认识到机械波的本质。

4. 考查途径

声源的振动引起周围介质中分子的疏密变化,从而使振动在介质中以声源为中心向周围传播,形成声波。声波是纵波。

描述机械波的常见物理量有频率、波长和波速。从声波的产生机制来看,其频率取决于波源(声源);机械波在介质中的传播速度是由介质的性质决定的,即机械波在同一种均匀介质中传播时波速是恒定的。由此可见,选项B错误。

声波从一种介质进入另一种介质时,波速发生变化,频率保持不变,由公式 $v = \lambda f$ 可知,声波在不同介质中的波长是不同的,选项A错误。

干涉和衍射是波的特性。根据惠更斯原理不难理解,波在传播过程中可以绕过障碍物(或穿过小孔)继续传播,这种现象称作波的衍射,选项C正确。波的传播遵循独立传播原理和叠加原理,两列频率相等、相差恒定、振动方向相同的同种性质的波相互叠加时发生干涉现象,形成稳定的干涉图样。

不同乐器的构造不同,所发出声音的音色也就不同。多种乐器同时演奏时,每种乐器发出的声音都能独立传播进入人的耳朵,人根据音色能辨别不同乐器发出的声音。由此可见,选项D错误。

【试题2】 (2006-18)

一飞船在某行星表面附近沿圆轨道绕该行星飞行。认为行星是密度均匀的球体。要确定该行星的密度，只需要测量（ ）。

- A. 飞船的轨道半径
B. 飞船的运行速度
C. 飞船的运行周期
D. 行星的质量

【答案】 C【分析】

1. 立意及考点

本题考查了力学部分的匀速圆周运动、万有引力定律、天体运动以及有关密度的知识。要求学生在掌握这些知识的基础上灵活运用这些知识，通过分析找到测量行星密度的途径，并不要求学生求得行星密度的具体数值。

2. 能力考查

本题主要考查推理能力和应用能力。要求学生理解题目条件，将“近地飞船绕行星运动”的实际运动情景转化为近地天体运动模型，明确它受到的万有引力就是它做匀速圆周运动的向心力，飞船的轨道半径 R 就是行星的半径，利用万有引力定律和匀速圆周运动的相关知识，通过运算进行合理推理，得出结论。

3. 核心素养

本题涉及科学思维和物理观念两个方面的核心素养。通过根据题目条件构建“近地飞船绕行星运动”的天体运动模型，明确它受到的万有引力就是它做匀速圆周运动的向心力，飞船的轨道半径 R 就是行星的半径，体现了科学思维中能构建常见天体的匀速圆周运动模型，理解其特点和适用条件，利用分析综合方法进行科学推理，正确使用证据表达自己的观点的核心素养。通过这道题，要求学生找到测量行星密度的途径，确定测量的物理量，体现了物理观念中能基于经典物理或现代物理观念解释自然现象、探索相关的科技和社会问题并形成自己的看法的核心素养。

4. 考查途径

近地飞船绕行星运动，它受到的万有引力就是它做匀速圆周运动的向心力，飞船的轨道半径 R 就是行星的半径。既然要确定行星的密度，那么必须找到行星质量 M 与行星半径立方 R^3 的比值 $\frac{M}{R^3}$ 。如果选用 $G \frac{mM}{R^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} R$ 的关系，直接就能找到比值 $\frac{M}{R^3} = \frac{4\pi^2}{GT^2}$ ，由此可以判定只需测量飞船运行的周期 T 就可以确定行星的密度。根据上述分析可知，本题正确答案是 C。

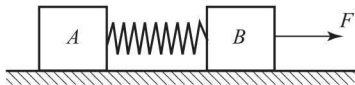
学生错选 A 的原因可能在于没有理解题意，不明白“近地飞船绕行星运动”中飞船的轨道半径 R 就是行星的半径。错选其他答案，可能是不理解万有引力就是向心力，也许对密度的认识还停留在初中水平，认为必须知道质量和物体的体积才能计算出密度，忽视了题目要求是找到测量行星密度的途径。

【试题3】 (2006-19)

木块 A、B 分别重 50 N 和 60 N，它们与水平地面之间的动摩擦因数均为 0.25。夹在 A、B 之间的轻弹簧被压缩了 2 cm，弹簧的劲度系数为 400 N/m。系统置于水平地面上静止不



动。现用 $F=1\text{ N}$ 的水平拉力作用在木块 B 上, 如图所示。力 F 作用后 ()。



- A. 木块 A 所受摩擦力大小是 12.5 N
- B. 木块 A 所受摩擦力大小是 11.5 N
- C. 木块 B 所受摩擦力大小是 9 N
- D. 木块 B 所受摩擦力大小是 7 N

 【答案】 C

 【分析】

1. 立意及考点

本题涉及的物理模型是学生比较熟悉的, 主要考查了物体的平衡、胡克定律、摩擦定律及静摩擦力等力学中的基础知识。题目要求学生具备选取适当的研究对象, 并对其受力情况进行分析的基本技能。本题意在引导学生注重理解概念和规律, 并能灵活运用这些概念和规律去解决问题。

2. 能力考查

本题主要考查理解能力和推理能力。要求学生能理解物体的平衡、胡克定律、摩擦定律及静摩擦力的确切含义, 明确它们的适用对象、适用条件、适用范围, 以及与其他相关物理概念和规律的区别和联系; 要求学生能运用这些概念和规律, 以及数学方法确定物理量之间的定量关系, 通过运算进行论证和判断, 并能把推理过程和结果正确地表达出来。

3. 核心素养

本题涉及物理观念和科学思维两个方面的核心素养。物理观念方面, 要求学生能基于经典物理的观念对涉及两个对象和多个因素的机械运动做出描述和解释, 并能解决实际问题。科学思维方面, 要求学生能构建常见的物理模型, 理解其特点和适用条件; 能利用分析综合、归纳演绎、抽象概括等方法进行科学推理, 对两个相互独立的物体状态和运动进行分析和解释。

4. 考查途径

因为最初系统置于水平地面上静止不动, 所以地面与两木块间的摩擦力为静摩擦力, 其大小由物体各自的受力情况决定, 弹簧被压缩产生的弹力 F' 可通过胡克定律求得, 即 $F'=kx=8\text{ N}$, 由此可以推断木块 A 受到向右的静摩擦力为 8 N , 木块 B 受到向左的静摩擦力也是 8 N 。

若用 $F=1\text{ N}$ 的水平拉力向右作用在木块 B 上, 考虑弹簧的弹力, 木块 B 受到向右的合外力为 9 N 。此时需要学生判断木块 B 是否发生滑动。如果木块发生滑动, 根据摩擦定律可知, 水平地面对木块 B 的滑动摩擦力 $f_B=\mu G_B=15\text{ N}$, 而最大静摩擦力不小于滑动摩擦力, 也就是说 9 N 的力不足以使木块 B 发生滑动, 木块 B 仍然保持静止, 弹簧的形变及产生的弹力也就不会发生改变, 木块 A 受力的情况及状态也不会发生变化。所以, 木块 A 受到的摩擦力仍是 8 N , 方向向右; 木块 B 受到的摩擦力为 9 N , 方向向左。

本题错选 A 的学生可能认为在力 F 的作用下, 系统发生滑动, 木块受到滑动摩擦力的