

核心素养理念下学业水平等级性考试命题探索与实践

陶昌宏

(北京教科院基教研中心物理室 北京 100080)

(收稿日期:2018-12-04)

摘要:2018年,国家颁布了普通高中物理课程标准,在课程标准中呈现了学业质量标准.按照学业质量标准做好学业水平等级性考试的命题,是贯彻落实新课标精神,使日常教学与考试统一、和谐,促进学生核心素养的顺利形成和发展的关键.

关键词:核心素养 学业质量 考试 实验 课堂教学

按照新课程标准中有关学业质量的规定,做好学业水平等级性考试的命题,是贯彻落实新课标精神,使日常教学与考试评价统一、和谐起来,促进学生核心素养的顺利形成和发展的关键.

2017年版的课程标准中,明确了学业质量标准与考试的关系.在课程标准中的P48中,明确指出:“高中物理学业质量分为五级水平,既是指导学生自主学习 and 评价,教师开展日常教学设计、命题和评价的重要依据,也是高中学业水平考试命题的重要依据.其中,学业质量水平4是用于高校招生录取的学业水平等级性考试的命题依据.

如何按照学业质量标准,做好等级性考试的试题命题呢?本人根据长期的教学、教研和考试评价的实践,谈一些看法和做法,仅为抛砖引玉,不妥之处,敬请批评指正.

1 注重考查相对稳定的内容

考查稳定的内容应该成为等级性考试的一项原则.人们都会有这样的经历和体会,静态知识不稳定,容易遗忘.能力相对稳定,科学素养相对稳定,核心素养稳定.核心素养是一个人在学习、生活、工作和创新状态下的心理资源.稳定的内容,才能更好地促进人的全面发展和持续发展.核心素养水平高,具体的表现水平也会高,自然考试的表现水平也会高,将核心素养水平高的学生挑选出来,是高考内容改

革的方向.

核心素养是一种教育理念,理念如何考?学业质量标准恰好是对核心素养具体表现水平做了刻画,属于稳定的内容,所以等级性考试就是要按学业质量标准水平4的内容命制试题.

如何科学、有效地按照学业质量标准水平4的内容命制试题呢?笔者认为,首先是认真学习和理解学科核心素养在4个维度上的本质内涵,认真学习和掌握学业质量标准水平4中的内容,用这个标准去研制试题,同时应注重处理好如下几方面的问题.

2 进一步加强对物理概念和物理规律的考查

按照学业质量标准水平4的等级命制试题,很关键的体现,也是很重要的体现,就是要加强对物理概念和物理规律的考查.准确、客观地说,没有对物理概念和物理规律的理解,物理学科核心素养将一无所获,一无所有.物理概念和物理规律是物理观念中的核心内容,是科学思维的必备条件,是科学探究的重要基础,是培养科学态度、增强责任意识、形成探索自然内在动力的重要保障.因此,学业水平等级性考试要进一步加强对物理概念和物理规律的考查.

(1) 选择题的考查可以尝试“判断依据”

客观地说,近些年来,全国及自主命题的省份,

作者简介:陶昌宏(1955-),男,北京教育科学研究院基教研中心物理室主任,享受国务院政府特殊津贴的特级教师,全国优秀教师,全国优秀教研员,中国物理学会教学委员会中学分会副主任,中国教育学会物理教学专业委员会常务理事,北京考试院高考改革项目专家组成员,物理通报、物理教学、中国人民大学书报资料编委,《物理教学的基本特征》教学理论模型等内容获国家级、省部级多项成果奖.

高考物理试题都比较重视对物理概念和物理规律的考查. 特别是通过选择题的方式进行考查, 较好地考查了学生对物理概念和物理规律的理解. 核心素养理念下的试题命制要进一步加强物理概念和物理规律的考查. 如何进一步落实呢?

在发挥客观性试题功能的基础上, 适当变革考查方式, 进一步提高教育教学质量, 落实核心素养课程目标.

例如, 在选择题的考查中可以尝试运用“判断依据”. 具体地说, 在题型说明中做如下阐述:

在每小题给出的 4 个选项中, 只有一项符合题目要求. 选出正确选项得 4 分, 写出正确的判断依据得 2 分.

为使阅卷不产生过重负担, 在“判断依据”中仅分为两种情况, 一是完全正确, 二是其他情况. 完全正确给 2 分, 其他情况不加分.

这样尝试, 不仅能看到学生做出的选项, 而且能够看出学生的判断依据. 这种命题方式能够克服一些学生在选择题中胡蒙、瞎猜而得满分的情况. 更为重要的是, 这样的举措可以让全体教师和学生都清楚, 学习物理概念和规律, 不仅要学懂, 而且要理解, 还要在应用上下一些功夫, 要在解释自然现象和解决实际问题上下一些功夫. 使物理课程的学习一开始就建立正确的学习方式和学习态度. 同时, 也促使命题教师更要把握试题的功能和价值. 这样能够有效地提升物理教育的质量和水平, 从而落实核心素养课程目标.

(2) 试题举例

【例 1】如图 1 所示, 4 个完全相同的弹簧都处于水平位置, 它们的右端受到大小皆为 F 的拉力作用, 而左端的情况各不相同:

- ① 中弹簧的左端固定在墙上;
- ② 中弹簧的左端受到大小也为 F 的拉力作用;
- ③ 中弹簧的左端拴一小物块, 物块在光滑的桌面上滑动;
- ④ 中弹簧的左端拴一小物块, 物块在有摩擦的桌面上滑动.

若认为弹簧的质量都为零, 以 L_1, L_2, L_3, L_4 依次表示 4 个弹簧的伸长量, 则有 ()

- A. $L_2 > L_1$
- B. $L_4 > L_3$

$$C. L_1 > L_3$$

$$D. L_2 = L_4$$

正确选项为 D.

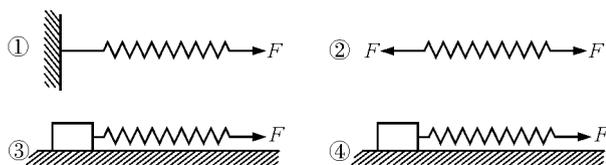


图 1 例 1 题图

判断依据: 选取弹簧为研究对象, 对弹簧进行受力分析, 如图 2 所示, 弹簧受到 F 和 F_1 的作用, 根据牛顿第二定律, $F - F_1 = ma$, 由于是轻弹簧, 所以 $F_1 = F$. 故 4 种情况下弹簧受力情况相同, 伸长量相同.



图 2 弹簧受力分析图

解决本题, 要选好研究对象, 要建构物理模型, 要进行正确的受力分析, 要根据牛顿运动定律进行逻辑推理. 所以很好地考查了学生在物理观念、科学思维等方面的素养.

【例 2】应用物理知识分析生活中的常见现象, 可以使物理学习更加有趣和深入. 例如平伸手掌托起物体, 由静止开始竖直向上运动, 直至将物体抛出. 对此现象分析正确的是 ()

- A. 手托物体向上运动的过程中, 物体始终处于超重状态
- B. 手托物体向上运动的过程中, 物体始终处于失重状态
- C. 在物体离开手的瞬间, 物体的加速度大于重力加速度
- D. 在物体离开手的瞬间, 手的加速度大于重力加速度

正确选项为 D.

判断依据: 选择物体为研究对象, 物体离开手的瞬时加速度是重力加速度, 方向竖直向下. 当手做减速运动的加速度大于物体的加速度时, 手才能离开物体.

这个题目考查了学业质量标准水平 4 物理观念中的“能正确解释自然现象, 综合运用所学的物理知识解决实际问题”的能力.

3 进一步加强对实际问题的考查

(1) 联系实际是物理课程一直传承的教育理念

联系实际,这是物理课程一直传承的教育理念.联系实际一方面让学生觉得物理有用、物理有趣、物理有意义.另一方面能够很好地考查学生的物理观念、科学思维,包括科学探究以及科学态度与责任等方面的素养.因为在解决实际问题的过程中,要确定研究对象,要建构物理模型,要运用逻辑推理,要有实事求是的科学态度,要具有提出新问题的意识和能力.

(2) 试题举例

【例 3】俯卧撑是一项很好的锻炼身体的运动.一名高中生,他的身高为 1.76 m,质量是 60 kg.经过测量,他在 26 s 时间内,连续做了 20 个比较规范的俯卧撑.有关材料显示,人体的重心大约在身高的 55% 的位置处.这名高中生在做这组俯卧撑的过程中,克服重力做功的平均功率大约为()

- A. 10 W B. 100 W
C. 1 000 W D. 10 000 W

正确选项为 B.

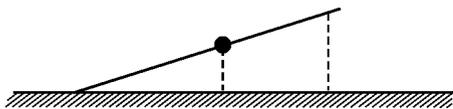


图 3 例 3 题图

判断依据:将人体抽象为一个刚性杆,如图 3 所示,每次肩部下降的距离约 40 cm,由几何关系,每次人体重心上升的距离约为 20 cm,每次克服重力做功约为 120 J,克服重力做功的平均功率约为 90 W.

在解决问题的过程中,需要建构物理模型.对每次俯卧撑重心上升的高度做出正确的估算.因此,很好地考查了学生在物理观念和科学思维等方面的素养.

【例 4】一人看到闪电 12.3 s 后又听到雷声.已知空气中的声速约为 330 ~ 340 m/s,光速为 3×10^8 m/s,于是他用 12.3 除以 3 很快估算出闪电发生位置到他的距离为 4.1 km.根据你所学的物理知识可以判断()

- A. 这种估算方法是错误的,不可采用
B. 这种估算方法可以比较快速地估算出闪电发生位置与观察者间的距离
C. 这种估算方法没有考虑光的传播时间,所以结果误差很大

D. 即使声速增大 2 倍以上,本题的估算结果依然正确

正确选项为 B.

判断依据:声速约为 330 ~ 340 m/s,每 3 s 声音传播的距离大约为 1 000 m,用 12.3 s 除以 3 即可得出.

这是一种快速估算方法.解决问题时首先要想到采用简洁的方法,简洁的方法是智慧的方法.

这种方法需要具备物理学常识.常识 1:闪电传播到人眼需要的时间非常之短,这段时间可以忽略不计.常识 2:闪电位置距离观察者很远,因为声音传到观察者的时间是十几秒,在这种情况下可以进行如上快速估算.这种常识的形成是在学习和理解物理知识后才能获得的.

解决这个问题仍需要建构物理模型,比如,建立声波在空气中是按直线传播的抽象模型.因此,很好地考查了核心素养中的物理观念和科学思维等方面的素养.

4 进一步加强对物理学方法的考查

(1) 物理学方法是科学方法

物理学方法,不是技巧,更不是雕虫小技,是在研究问题、解决问题中经过实践检验的科学方法.阿基米德有一句震惊世界的话:“给我一个支点,可以把地球撬动”.这句话激励着多少代科学家和科技工作者,去不断地寻找正确的方法,方法显示力量.

物理学方法是人类思想史上最宝贵的财富之一.感悟、体会和掌握物理学方法,对提高学习能力,提高探究能力,形成和发展核心素养有重要作用.

(2) 试题举例

【例 5】早在 16 世纪末,伽利略就猜想落体运动的速度应该是均匀变化的.当时只能靠滴水计时,为此他设计了如图 4 所示的“斜面实验”,反复做了上百次,验证了他的猜想.请你结合匀变速直线运动的知识,分析说明如何利用伽利略“斜面实验”检验小球的速度是随时间均匀变化的.

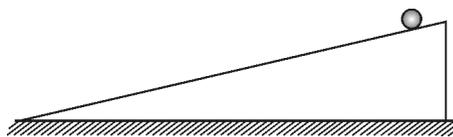


图 4 例 5 题图

分析说明:小球的初速度为零,如果小球的速度随时间均匀增加,其速度 $v \propto t$,它通过的位移 $x \propto t^2$.所以,只要测量小球通过不同位移所用的时间,就可以检验小球的速度是否随时间均匀变化.

这种简述看起来不太难,殊不知,学生对这种阐述问题的方式是陌生的,因此,是有很大的难度的.

本题利用物理学史,展示伽利略对匀变速直线运动研究的过程和方法,用滴水计时的方法研究运动规律.在考查匀变速直线运动的过程中,考查物理学研究问题的方法.

伽利略斜面如图5所示.这幅图美轮美奂,图中的斜面是有震撼的,在这个斜面上曾经创建物理概念,确定运动规律,斜面给人们带来很多启发和记忆.



图5 伽利略斜面实验

本题很好地考查了物理学方法,即如何通过斜面实验研究物体运动规律.

【例6】2018年平昌冬奥会,如图6所示,我国男子花样滑冰选手金博洋拿到了宝贵的第四名.这是中国男子单人滑在冬季奥运会历史上的最佳成绩.他在比赛当中完成了3个漂亮的四周跳.四周跳,即运动员腾空后,身体在空中连续完成4个 360° 的旋转.如果运动员在完成四周跳的过程中,身体的腾空高度约为0.7 m(可视为重心上升的高度),水平方向移动的距离约为2 m,请你估算:

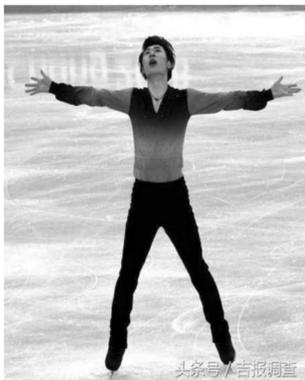


图6 金博洋在滑冰

(1) 运动员开始腾空时水平方向分速度的大

小?

(2) 运动员完成一周旋转所用的时间?(忽略空气阻力的影响)

解决此题,要建构物理模型.运动员腾空的过程,将他视为一个质点;运动员旋转时将他视为一个整体.

将运动员的腾空过程视为抛体运动,轨迹如图7所示.

腾空高度

$$h = 0.7 \text{ m}$$

水平方向运动的距离

$$x = 2 \text{ m}$$

空中运动时间

$$t = 2\sqrt{\frac{2h}{g}}$$

水平方向运动的距离

$$x = v_x t$$

$$v_x = \frac{x}{t} \approx 3 \text{ m/s}$$

完成四周旋转需要时间为

$$t = 2\sqrt{\frac{2h}{g}}$$

完成一周所需时间

$$t_1 = \frac{t}{4} \approx 0.2 \text{ s}$$

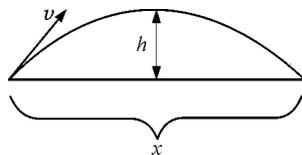


图7 运动员腾空过程示意图

物理学发展的过程中,建立了卓越的方法体系.注重对物理学方法的考查应成为物理试卷的鲜明特点.通过一定载体,考查对物理学方法的理解和掌握情况.

5 进一步加强对实验能力的考查

(1) 物理学是一门以实验为基础的科学

实验是物理学科的特点和特色,实验、实验探究是物理学科的学科优势.

实验可以使学生获得直接经验,直接经验对学生建构概念,认识规律,有重要作用,直接经验,对于学生的成长有重要作用.

实验事实 + 逻辑推理的方法,开创了物理学的新篇章.物理教学中不仅用斜面、滑块、光电门、磁铁、线圈等材料做实验,还要教会学生,思想上也可以做实验,即做理想实验.

思想上的实验与真实的实验相辅相成;

思想上的实验以真实的实验为基础;

思想上的实验可以成就真实的实验;

真实的实验,思想上的实验,共同成为考查学生实验能力的载体.通过考查实验,能够比较全面地考查学生的综合能力.

(2) 试题举例

【例7】物理课上,老师做了一个奇妙的“跳环实验”.如图8所示,她把一个带铁芯的线圈 L ,开关 S 和电源用导线连接起来后,将一金属套环置于线圈 L 上,且使铁芯穿过套环.闭合开关 S 的瞬间,套环立刻跳起.某同学另找来器材再探究此实验.他连接好电路,经重复试验,线圈上的套环均未动.对比教师演示的实验,下列4个选项中,导致套环未动的原因可能是()

- A. 线圈接在了直流电源上
- B. 电源电压过低
- C. 所选线圈的匝数过多
- D. 所用套环的材料与老师的不同

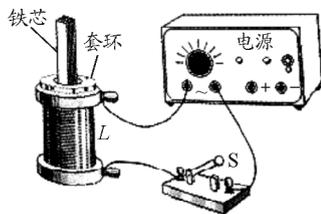


图8 例7题图

通过题目所述的实验及实验现象,很好地考查了学生对电磁感应现象、楞次定律、力和运动的关系等内容理解和掌握的情况.

解释现象,特别是解释实验现象是加深对物理概念和物理规律理解的最有效方法之一.爱因斯坦曾说过,如果你不能简单的解释它,说明你还没有很好的理解它.

【例8】在学生分组实验,探究力的平行四边形定则的实验中,如图9(a)所示,其中 A 为固定橡皮筋的图钉, O 为橡皮筋与细线的结点, OB 和 OC 为细绳.图9(b)是在白纸上根据实验结果画出的力的图示.

研究物理问题首先要确定研究对象,本实验中你认为研究对象是什么?并阐述理由.

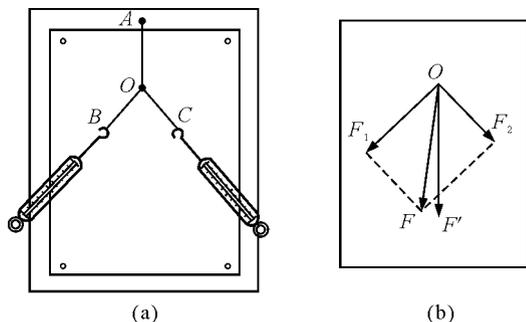


图9 例8题图

(1) 研究对象选橡皮筋

选取橡皮筋为研究对象,两个测力计拉橡皮筋时,橡皮筋共受3个力的作用,处于平衡状态.两个测力计拉力的合力与图钉对橡皮筋作用力相平衡.改用一个测力计拉橡皮筋,测力计拉力与图钉对橡皮筋作用力相平衡,所以一个测力计拉力的作用效果与两个测力计共同作用的效果相同.

(2) 研究对象选结点 O

选取橡皮筋与轻绳的结点 O 为研究对象,两个测力计拉结点时,结点共受到3个力的作用,处于平衡状态.两个测力计拉力的合力与橡皮筋对结点的作用力相平衡.改用一个测力计拉结点,测力计拉力与橡皮筋对结点的作用力相平衡,所以一个测力计拉力的作用效果与两个测力计共同作用的效果相同.

两个研究对象,都可以解决探究力的平行四边形定则的问题.重要的是学生要能够做出合理的解释.

通过考题,让学生明白,研究和解决物理问题,第一步就是要确定研究对象.接下来,对研究对象做正确的受力分析,观察研究对象所处的状态,形成相应的结果.

6 进一步加强对探究能力的考查

(1) 让探究成为一种理念,一种情趣

学生学习能力最高层次的体现,应体现在探究能力上.探究是一种认知方式,一种态度,一种能力,一种习惯,一种情趣,一种素养.具有探究意识的人,才能具有创新精神和创新能力.具有探究意识的人,在探究的过程中,会感受到发现的兴趣与快乐.探究

能力是创造力的基础.

科学工作者,为了给一个科学假设提供证据,会坚持不懈地探索,在探索的过程中往往会得到意外的惊喜,这就是科学探究的魅力.让探究成为一种理念,成为一种态度,成为一种情趣.

学业水平等级性考试,为高校选拔新生,要进一步加强对学生探究能力的考查.

教学中教师有责任帮助学生增强探究意识,提升探究能力.

(2) 试题举例

【例 9】观测宇宙中辐射电磁波的天体,距离越远单位面积接收的电磁波功率越小,观测越困难.为了收集足够强的来自天体的电磁波,增大望远镜口径是提高天文观测能力的一条重要途径.2016年9月25日,世界上最大的单口径球面射电望远镜 FAST 在我国贵州落成启用,被誉为“中国天眼”.FAST 直径为 500 m,有效提高了人类观测宇宙的精度和范围.

(1) 设直径为 100 m 的望远镜能够接收到的来自某天体的电磁波功率为 P_1 ,计算 FAST 能够接收到的来自该天体的电磁波功率 P_2 ;

(2) 在宇宙大尺度上,天体的空间分布是均匀的.仅以辐射功率为 P 的同类天体为观测对象,设直径为 100 m 的望远镜能够观测到的此类天体数目是 N_0 ,计算 FAST 能够观测到的此类天体数目 N .

解析:(1) 地球上不同望远镜观测同一天体,单位面积上接收的功率应该相同,因此

$$P_2 = \frac{500^2}{100^2} P_1 = 25P_1$$

(2) 在宇宙大尺度上,天体的空间分布是均匀的.因此,一个望远镜能观测到的此类天体数目正比于以望远镜为球心、以最近观测距离为半径的球体体积.模型如图 10 所示.

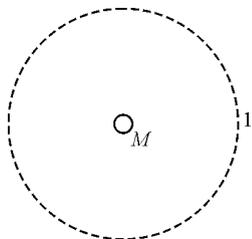


图 10 望远镜观测天体模型 1

其中 M 表示地球,虚线圈 1 表示以最近观测距离为半径的球体体积.

继续建构模型如图 11 所示.

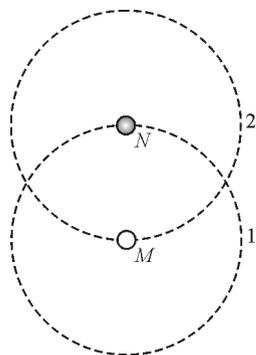


图 11 望远镜观测天体模型 2

M 表示地球,虚线圈 1 表示以最近观测距离为半径的球体体积.

N 表示离地球最远的还能观测到的天体,虚线圈 2 表示天体辐射电磁波的球面波模型.

地面上望远镜能观测到此类天体需收集到的电磁波的功率的最小值相等.

设直径为 100 m 的望远镜和 FAST 能观测到的最远距离分别为 L_0 和 L ,则

$$\frac{P}{4\pi L^2} \pi r^2 = \frac{P}{4\pi L_0^2} \pi r_0^2$$

所以

$$L = 5L_0$$

则

$$N = \frac{L^3}{L_0^3} N_0 = 125N_0$$

试题设计了一个新情景、新问题,涉及新知识.解决这个问题,要求考生具有很强的获取新知识的能力,丰富的空间想象能力,很强的建构物理模型的能力,较扎实的逻辑推理能力以及自觉的探究意识和探究能力.通过阅读和观察,获取新知识、新方法,这对学生来说应该就是一种探究能力.此题不仅是情景创新,同时也是问题创新,很值得回味思考.

一般来说,对于高考试卷的最后一道题,大家都会翘首期盼.因为这道题,很难研制,它不同于以往的一个复杂综合题.它有很多功能,如不言而喻的选拔功能,让优秀学生展示才华的功能等等.还要体现高考的公平、公正.因此,要以一个全新的姿态与全体考生见面.高考之后,这个题目很可能成为一个重要的教学资源.它是一个体现集体智慧、反映创新成

(下转第 18 页)

校教师,有效改善教师团队的职称和年龄结构。

(3) 出资鼓励教师申报科研课题,报销论文版面费,鼓励教师外出学习,获取优秀的教学经验和实践素材。

(4) 鼓励物理教师参加科研组织,参与科研项目,了解学科和科技发展前沿,更好地了解大学物理在科技领域中的应用.多安排物理教师参与力学、光学、热学、电磁学等领域的物理学术会议,多与同领域的优秀学者交流,互相学习^[3]。

(5) 建设良性的职称评选体系,使认真教学,认真科研的物理教师能够脱颖而出,得到学校及学生的肯定。

4 结束语

大学物理是一门重要的基础课,是培养应用型 and 复合型人才的重要课程,其教学质量的好坏直接

影响到大学生今后专业课的学习和实际工作能力.大学物理教学改革方案多种多样,找到一条适合当代大学生职业发展的大学物理教学道路刻不容缓.总之,通过开设大学物理课程,让学生有兴趣不断获取新知识,有能力不断改善智能结构.通过能力的提高,转化为知识能力,为最终提高学生的职业能力储备力量^[4].这就是大学物理教学改革的最终目的。

参考文献

- 1 仲志国,李根全,李婧.提高大学物理学习兴趣的思考.南阳师范学院学报,2008,7(12):88~90
- 2 姚建明.大学物理分层次教学平台.湖南第一师范学院学报,2010,10(1):56~57
- 3 董瑾,黄霞.基于工程应用的大学物理教学改革研究.中国现代教育装备,2015(23):38~41
- 4 刘凤敏,陈颖聪,于肇贤.大学物理课程的教学改革与探索.黑龙江教育学院学报,2011,30(9):95~96

Practice and Exploration on Teaching Reformation of University Physics for Non-physics Majors

Zhao Hui Zhao Hongliang Zhao Guobin Xun Xianchao Lin Wanfeng

(Aviation Foundation College of Aviation University, Jilin, Changchun 130022)

Abstract: Teaching reform is an effective way to improve teaching effect. In view of the current situation of physics teaching, this paper probes into several aspects, such as the construction of school-based teaching materials, the hierarchical teaching, the digital platform and the construction of the teaching staff. High quality and efficient completion of teaching enables students to improve their ability of innovation, analysis and problem solving.

Key words: teaching reform; hierarchical teaching; digital platform; teachers troop

(上接第15页)

果、落实核心素养课程目标的一个作品.当你用欣赏和期盼的心态去审视这个题目时,有时会给你灵感。

以上几个题目展示,仅仅是抛砖引玉.落实核心素养课程目标,按照学业质量标准研制一份能够考查学生学业成就表现的试卷是有相当难度的.特别是等级性考试的试卷,不仅为高校选拔合格新生,而且要为日常的教学发挥正确的导向作用,有其重要的作用和价值.命制这样的试卷,需要多方面人才的共同努力,需要有正确的教育理念,扎实的知识架构,丰富的教学实践,敏锐的时代意识,包容的心态,实事求是的科学态度和探索精神.相信,实践探索一段时间之后,物理核心素养会深入人心,学业质量标

准会发挥其作用,体现和落实核心素养课程目标的试题会不断地涌现.让我们共同努力!

参考文献

- 1 陶昌宏.试论核心素养理念下学业质量标准与学业水平等级性考试.物理通报,2019(1):10~13
- 2 陶昌宏.高中物理教学理论与实践研究.北京:北京师范大学出版社,2008
- 3 陶昌宏.物理教学的基本特征之四:以提升学生探究能力为重点.物理教学,2010(4):9~13
- 4 中华人民共和国教育部.普通高中物理课程标准(2017年版).北京:人民教育出版社,2018
- 5 乔际平,续佩君.物理教育学.南昌:江西教育出版社,1992