# 第二章 匀变速直线运动

## 第一部分 整章分析

### 学习目标

1．理解匀变速直线运动规律，并用这些规律解释或解决生活中的简单问题，初步形成运动的观念。

2．在学习并运用匀变速直线运动和自由落体运动规律的过程中，运用分析综合、推理论证等思维方法，体验无限分割与逼近的思想方法；能对实际物体的运动进行抽象简化从而建立物理模型。

3．了解伽利略对自由落体运动的研究，领会提出问题、形成猜想和假设、设计实验与制定方案、获取证据得出结论并做出解释的一系列科学探究要素，感受理论演绎与实验研究相结合的科学探究方法。

4．领略伽利略开创的研究方法对科学发展的深远影响；结合交通安全法规分析车辆的运动，感受科学·技术·社会之间的联系，培养社会责任感。

### 编写意图

课程标准中对本章内容的要求为：

1.1.3 通过实验，探究匀变速直线运动的特点，能用公式、图像等方法描述匀变速直线运动，理解匀变速直线运动的规律，能运用其解决实际问题，体会科学思维中的抽象方法和物理问题研究中的极限方法。

1.1.4 通过实验，认识自由落体运动规律。结合物理学史的相关内容，认识物理实验与科学推理在物理学研究中的作用。

本章是在第一章“运动的描述”基础上，继续学习匀变速直线运动。

本章从落体运动的研究开始。通过回顾伽利略研究落体运动的历程，引导学生了解伽利略对落体运动的理论分析和实验探究过程。通过自主活动，经历将具体运动抽象、简化为自由落体的运动模型，认识自由落体运动的规律。通过将自由落体运动与小车沿斜面向下运动的类比，逐步认识初速度为零和不为零两种情况下匀变速直线运动的规律。结合交通法规中安全行车的条例，体会匀变速直线运动规律与实际问题的联系。本章重点关注从现象归纳规律，运用规律解释现象的认知过程。

本章内容是进一步学习力和运动关系的基础。在本章学习过程中，不仅要关注对运动的观念的形成，还应注重创设运用物理规律解释或解决实际问题的情境。

完成本章内容的学习，共需要5课时。其中，第一节1课时，第二节2课时，第三节2课时。

## 第二部分 本章教材解读

飞机由静止开始经过不断加速后飞向蓝天的过程，是飞机的运动状态不断改变的过程。在此过程中，不仅飞机的位置随时间不断改变，其速度也在随时间变化，遵循一定的规律。我们通过回顾伽利略的研究过程，了解如何开展科学探究；学习和感受描述物体运动规律的基本方法；尝试利用匀变速直线运动的规律解决简单的实际问题。

## 第一节 伽利略对落体运动的研究

### 本节编写思路

本节通过伽利略根据逻辑思辨质疑“越重的物体下落越快”的研究史料，引出本节讨论的主题。

通过演示实验、“自主活动”和“大家谈”等环节，感受实际物体下落会受到空气阻力影响，思考如何“消除”这一影响，建立相应的理想模型。

通过伽利略对自由落体运动规律的研究过程了解其研究方法。学习中经历的观察、思辨、实验、总结等过程将帮助学生体会建立理想化模型对分析问题的重要作用，感受逻辑推理和实验检验是科学研究的基本方法。

### 正文解读

物体下落是学生熟悉的生活现象。通过回顾伽利略对落体运动的研究过程，感受伽利略所开创的科学研究方法。

本节中伽利略研究自由落体运动规律的内容与图2–1呼应。

伽利略运用了逻辑推理的方法对亚里士多德的结论提出了质疑，在伽利略之前很长时期内，学者们大多根据对自然现象的观察，通过直觉和哲学思辨的方法来得出结论。但仅凭直觉和哲学思辨得出的这些结论，由于缺乏内在机理和客观证据，往往是不可靠的。伽利略的伟大之处不仅在于他指出了亚里士多德的错误，更在于他为了弄清自由落体运动规律，开创了近代科学的研究方法：通过逻辑推理和实验检验来确定物体的运动规律。

利用演示实验显示空气阻力对落体运动的影响。通过实验明确：在研究落体运动规律时需“消除”空气阻力的影响，其目的是突出问题的主要方面，忽略次要因素的影响。

在实际情形下总是存在空气阻力，“自主活动”不是要学生设法消除空气阻力，而是通过思考与实践，尝试用不同的方法，使轻重不同的物体所受空气阻力影响大致相同，实现轻重不同的物体以同样的快慢下落。

在物理研究中，通常会把一些与所研究问题无关，或对研究结果影响很小的因素加以忽略，从而使问题简化。这也是一种理想模型。

实际情况下总是存在空气阻力，其大小通常与运动物体在垂直于运动方向上的截面积、运动速度有关，在速度较小时，通常可忽略空气阻力的影响。

雨滴从高空下落时，如果不考虑空气阻力的影响，其落地速度将极大。如下落高度为2 000 m，则落地速度约为720 km/h，但实际雨滴的落地速度的量级约为10 m/s，可见，在此情况下研究雨滴下落不能忽略空气阻力的影响。但如果研究水滴由不高的树梢下落，则由于其下落距离较短，下落速度也较小，此时忽略空气阻力是合适的。

因此，建立什么样的理想模型，如何建立理想模型，都需要考虑实际情况，在对各种因素进行评估后才能确定。

雨滴下落实际是一个非常复杂的过程，可以“雨滴下落速度”为关键词搜索相关资料。

伽利略的伟大之处在于他首先采用了理论分析和实验测量相结合的方法探索物体运动规律，为近代科学研究方法奠定了基础。在通过逻辑论证说明物体下落快慢应相同的基础上，伽利略又通过大量的实验和推理，得出了自由落体的运动规律。

在此过程中，伽利略主要解决了概念和实验测量方法上的多个关键问题。

（1）当时人们对于如何描述物体运动尚未建立明晰的概念，伽利略建立了速度、加速度等描述运动的基本概念，使得运动的描述有了可靠的基础。

（2）猜测落体运动是最简单的变速运动，其速度均匀变化。伽利略通过计算发现，如果速度随路程均匀变化，会得到非常复杂的结果，因此速度应该随时间均匀变化。

（3）通过实验检验速度随时间均匀变化的猜测。由于在当时无法准确测量时间，因此设计了铜球沿斜面滚下的实验，以“冲淡”重力或“放慢”时间；为邂免直接测量速度，根据理论计算把速度随时间的变化关系转换为路程随时间的二次方的变化关系。

（4）由于随着斜面倾角增大，实验中对时间的测量变得不准确，伽利略通过思想实验将实验结果合理外推，使斜面角度不断增大直至 90°。

伽利略经过大量实验，总结出如下事实：

（1）小球沿着斜面滚下的运动是速度随时间均匀变化的匀加速运动。

（2）只要斜面倾角相同，小球的加速度就相等，与小球的质量、沿斜面滚下的高度无关。

（3）斜面倾角越大，小球的加速度就越大。

由此实验结论出发，伽利略通过思想实验将斜面倾角合理外推到90°，得出了自由落体运动就是匀变速直线运动的结论。

“助一臂”栏目介绍了“外推法”。由于测量手段的限制，伽利略的斜面实验是在斜面倾角小于5°的范围内进行的。当年，伽利略把他的结论外推到斜面倾角至90°是冒有很大风险的。因此，在归纳总结“外推法”时应特别强调，将一定范围内得到的结论外推到范围之外的方法虽然是做出科学结论常用的研究方法，但最终还是需要接受后续实验或实践的检验。

回顾伽利略对自由落体运动规律的研究，可以通过其研究的过程感悟科学的信念与研究的方法。所谓科学的信念，是指伽利略所坚信的思想观念，即看似纷繁复杂的自然现象，其背后往往隐藏着简单的自然法则。正是在这种科学信念的指引下，伽利略才作出了自由落体运动的速度随时间均匀变化的假设，从而找到研究的起点。而研究的方法，又包括将自由落体运动转化为斜面上的运动、把速度转化为距离进行研究的间接方法，及以假设作为逻辑起点，运用数学工具进行逻辑推理，并与实验验证相结合的方法。

### 问题与思考解读

1．**参考解答**：三项表述均不准确。理由是：历史上亚里士多德根据观察得出了重物比轻物下落更快的结论，伽利略通过逻辑思辨和推理认为重物和轻物应该下落得一样快。伽利略通过实验证实了自己的观点并得出自由落体运动的规律；伽利略猜想落体运动的速度与其下落时间成正比，但是在伽利略的时代，无法直接测出速度。伽利略将对速度与时间关系的研究转化为对距离与时间的关系来研究，通过演绎推理得到：如果速度与时间成正比，则距离与时间的二次方成正比。由于落体运动的时间太短，伽利略将落体运动转化为斜面上物体的运动来研究，测量物体沿斜面运动的距离和时间，得到距离与时间的二次方成正比的结论，外推到90°，验证了他的猜想。

**命题意图**：了解历史上对运动认识观点的发展，认识实验与逻辑推理结合的科学方法。

**主要素养与水平**：科学推理（Ⅰ）；科学本质（Ⅰ）。

2．**参考解答**：观察现象：物体下落时运动得越来越快。发现问题：原来静止的石头下落的速度是否与下落时间成正比？得出结论：落体运动的速度随时间均匀增加。

**命题意图**：认识伽利略对落体运动的研究，了解伽利略开创的科学研究方法。

**主要素养与水平**：科学推理（Ⅱ）；科学本质（Ⅱ）。

3．**参考解答**：若不考虑空气阻力，石头和羽毛的下落情况完全相同，因此（1）、（2）、（4）错，（3）正确。

**命题意图**：应用伽利略对落体运动的结论进行简单的推理。

**主要素养与水平**：模型建构（Ⅰ）；科学推理（Ⅰ）。

4．**参考解答**：C同学的说法合理。因为第一列是第二列（时间）的二次方，由第一列与第三列数据可以看出：*x* ∝ *t*2，即物体的位移与时间的二次方成正比。

**命题意图**：根据数据分析实验结论，培养证据意识。

**主要素养与水平**：科学论证（I）；解释（Ⅲ）。

5．**参考解答**：提示：建议学生自行拍摄，也可用教材上图2–11的数据。除了*x*–*t*图像，也可在教师引导下绘制 *x*–*t*2 图像来分析数据，寻找规律。

**命题意图**：从照片中收集信息，运用图像来描述运动过程，在教师的引导下体会数据处理的方法。

**主要素养与水平**：证据（Ⅱ）；交流（Ⅰ）；科学态度（Ⅰ）。

### 资料链接

**斜面实验里的时间测量**

伽利略在斜面实验中要解决的一个重要问题是对时间的测量。当时的计时工具极其简陋。除了利用很缓的斜坡来“冲淡”重力外，伽利略还用了一台“水钟”计时。他用一个架在高处的大水桶，在桶底安装了一个小管，使一股细小的水流从管中流出，在每次铜球滚下的时间内用一个小杯子接下流出的水，然后称出杯内水的重量，各次水的重量的差别或倍数就给出了各次铜球滚下所用时间的差别或倍数。

## 第二节 自由落体运动的规律

### 本节编写思路

本节通过实验获得不同物体落体运动的*v*–*t*图像，得到速度与时间的关系，引出重力加速度。

通过分析*v*–*t*图像，获得自由落体运动位移与时间的关系。

利用实验结果通过演绎得到自由落体运动位移与速度的关系。

通过“示例”感受解决问题的过程与方法。

本节课所经历的探寻物理量之间关系的学习过程，有助于提升学生的科学思维能力。

### 正文解读

跳楼机”是常见的游乐设施，其上半程运动与落体运动相似，可运用自由落体运动的规律分析其运动特点。

本节教材第34页的示例与此呼应。

这里的“自主活动”是一个实验型活动，其目的是：

（1）利用位移传感器验证自由下落物体速度随时间变化的规律。

（2）测量自由下落物体的加速度。

在实验过程中，学生通过观察不同物体的下落，分析相应的 *v*–*t* 图像，归纳其共同特征。思考某些物体自由下落时的 *v*–*t* 图像与其他物体不同的原因，感受影响物体自由下落的因素。

除了用篮球做实验，还可以用黑板擦、书本、厚纸板等。用反射式位移传感器测量时，被测物体反射面的面积需不小于 4 cm2，释放位置与传感器的距离需大于 30 cm；同时周围应留出一定的空间，以防止反射波对实验的影响。除利用反射式位移传感器外，本实验也可用分体式位移传感器进行。

具体的实验指导可参见实验与活动部分的相关内容。

如果空气阻力可以忽略，物体自由下落的 *v*–*t* 图像均相同，斜率 *k* 为定值，由此引出重力加速度 *g*。

表中给出地球上不同地点重力加速度 *g* 的目的是使学生关注到，虽然在同一地点不同物体的重力加速度值相同，但是在不同纬度，同一物体重力加速度 *g* 的值略有不同。从而理解 *g* 通常取 9.8 m/s2 是忽略了地理位置的影响。

“助一臂”栏目介绍了无限分割与逼近的方法。

在已知匀速直线运动 *v*–*t* 图像中直线下矩形面积的意义后，能否通过类比，猜想自由落体运动 *v*–*t* 图像中直线与时间轴包围的三角形面积也表示位移大小呢？

这是一个由特殊到一般的推理过程，不够缜密。

此处利用无限分割和逼近的思想证明该猜想是正确的。利用这一思想同样可以处理曲线下面积的问题。

这是一个数学推导的“自主活动”，目的是根据图 2–11 中的斜线通过数学演绎获得做自由落体运动物体的位移与时间关系式。

由图 2–11 可知

*h* = *v*t*t*

利用 *v*t = *gt* 即得

*h* = *gt*2

通过推导体验数学中的面积与物理图像中“面积”在形式上的相同与意义上的区别。

由频闪照片可以获得在不同时刻的下落距离，利用数据可画出位移–时间图像。由图像特征，通过猜测，尝试画出位移–时间的二次方图像，证实猜测并得到规律。也可利用伽利略的方法，验证下落距离与所用时间的二次方之比为常量，进而得出规律。

可围绕定位、计时、测速等问题拓宽思路，提出更多的实验方案。譬如，用先电门测量速度，获得速度–时间图像；拍摄物体自由下落的视频，导入视频捕获与分析软件，获得位移–时间图像等。培养学生的发散思维能力。

“示例”呼应了节首图。目的是运用数学工具，解决实际问题。

“跳楼机”的运动可简化为两段：加速阶段和减速阶段。实际“跳楼机”加速阶段的运动受到空气阻力的影响，不是真正的自由落体运动。这里忽略空气阻力的影响，将“跳楼机”从最高点下坠 15 m 的运动视为自由落体运动。

示例中仅取下落的前15 m的原因是：

（1）根据最简单的模型，空气阻力正比于 *ρSv*2。粗略估算，“跳楼机”在下落的前 15 m过程中所受空气阻力数量级为 103 N，所受重力数量级为 104 N。因此，用自由落体模型估算下落的前 15 m 的运动是可以接受的。

（2）《大型游乐设施安全规范》（GB 8408 – 2018）对跳楼机的最大下落速度有一定限制，因此下落过程中的大部分时间内应为减速运动。

### 问题与思考解读

1．**参考解答**：若重力加速度 *g* 取 10 m/s2，第 1 s 末、第 2 s 末、第 3 s 末的速度分别为 10 m/s、20 m/s、30 m/s，加速度均为 10 m/s2。第 1 s 内、第 2 s 内、第 3 s 内速度均增加了 10 m/s。

**命题意图**：简单运用自由落体运动的规律。

**主要素养与水平**：科学推理（Ⅱ）。

2．**参考解答**：物体在单位时间内下落的高度持续增加。判断依据：物体在单位时间内下落的高度 *h* = *gt*2 – *g*(*t* – Δ*t*)2，其中Δ*t* = 1 s，化简后可知，下落高度随时间均匀增加。

**命题意图**：问题本身不复杂，需要学生将文字表述转化为关系式来进行判断。

**主要素养与水平**：科学推理（Ⅱ）。

3．**参考解答**：评价一：这位同学公式选错了，*h* = *vt* 的公式不适用于自由落体运动。评价二：自由落体运动物体的速度不是一成不变的，而是逐渐增加的。1 s 末的速度为 10 m/s，说明这 1 s 内的速度均小于 10 m/s，位移自然小于 10 m，*h* = *gt*2不正确

**命题意图**：通过评价，进行论证思路的梳理和概念的辨析。

**主要素养与水平**：科学论证（Ⅱ）；质疑创新（Ⅰ）；交流（Ⅰ）。

4．**参考解答**：如图1所示。

*O*

*h*/m

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

0.5s

1.0s

1.5s

2.0s

2.5s

3.0s

0.5s

1.0s

1.5s

2.0s

2.5s

3.0s

*O*ʹ

*h*/m

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

*t*/s

（b）

（a）

（b）

*O*

1

2

3

10

20

30

*v*/(m·s−1)

（a）

图1

**命题意图**：将匀速直线运动和自由落体运动进行对比，建立图像和位置变化的联系。

**主要素养与水平**：科学推理（Ⅱ）。

5．**参考解答**：以小石子为对象，下落时间为 2.5 s，小石子的速度不是很大，可忽略空气阻力的影响，将其运动视为自由落体运动。由于声音的传播速度远大于小石子下落的速度，可忽略声波传播的时间。估得距离约为 31 m。

**命题意图**：解题过程不是简单将数据代入公式，要说明忽略空气阻力和声音传播时间的原因。体会忽略次要因素、建构模型的方法。

**主要素养与水平**：模型建构（Ⅱ）；科学推理（Ⅱ）；社会责任（Ⅰ）。

6．**参考解答**：根据自由落体运动的规律，雨滴从1.5 km的高空自由下落到达地面的速度大小约为 173 m/s，所用时间约为 17.3 s。生活中没有这么快的雨滴。这是因为雨滴是从云层中滴落的，它的下落距离很长，雨滴在下落的过程中受到空气阻力的作用，且不能忽略不计，不能将其下落过程视为自由落体运动。

**命题意图**：自由落体运动是一种模型。认识模型建构需要考虑条件。

**主要素养与水平**：模型建构（Ⅱ）；质疑创新（I）；科学态度（I）。

### 资料链接

重力与万有引力

由于地球的自转，地面上静止的物体绕地球自转轴做圆周运动，所需的向心力*F*ʹ由物体所受地球万有引力*F*的一个分力提供，万有引力的另一个分力即为重力 *mg*，如图2所示。因此

*mg*

*F*ʹ

*F*

*O*

*r*地

*ω*

*φ*

图2

*mg* =

式中 *F*ʹ = *mω*2*r*，由于 *ω* ≈ 7.292×10−5 rad/s，*F*ʹ ≪ *F*，近似后得

*mg* ≈ *F* − *F*ʹcos*φ* = *m*（*G* − *r*地*ω*2cos2*φ*） = *mg*0（1 − cos2*φ*）

式中 *g*0 = *G*。把地球的物理参数 *m*地、*r*地、*ω* 和引力常量 *G* 代入上式，可得地球表面附近物体的重力加速度 *g* ≈ *g*0（1 − 0.003 5cos2*φ*）。

## 第三节 匀变速直线运动的规律

### 本节编写思路

本节在学习了自由落体运动规律的基础上，通过演示实验类比得出初速度为零的匀加速直线运动规律。

通过分析、演绎和“自主活动”得到匀变速直线运动的规律。

通过“STSE”和“示例”感受利用物理规律解决实际问题的过程与方法。

通过本节学习，加深对描述运动的基本物理量如位移、速度、加速度间相互关系的理解，形成较为完整的运动观念。经历用数学手段和语言描述实际运动的思维过程，体验分析和演绎的重要作用，这将有助于提高模型建构和科学推理的能力。

### 正文解读

在站台候车时会遇见列车过站不停的情况，考虑到线路条件、安全等因素，列车通常会先减速后加速经过站台。匀变速直线运动是最简单的变速运动，是理解其他更复杂的变速运动的基础，生活中熟悉的很多运动都可以近似视为匀变速直线运动。经历匀变速直线运动规律的探究过程将提升概括、抽象、推理等思维能力。

利用位移传感器演示小车从斜面由静止向下运动的 *v*–*t* 图像。其目的是与上一节自主活动中获得的自由落体的 *v*–*t* 图像做比较，得出两者运动规律类似的结论。

通过观察、比较得出小车的运动规律与自由落体运动的规律类似，从而认识自由落体运动规律就是初速度为零的匀加速直线运动规律的一个特例。感受基于实验证据、进行类比推理的研究方法。

“大家谈”的讨论过程中，通过理论推导，感受科学推理的过程，为后续通过分析推导初速度不为零的匀加速直线运动规律做铺垫。

需强调这里把起飞过程视为匀加速直线运动过程是一种模型的简化近似处理方法。

这里要求学生在上一节建立的概念、方法和数学知识的基础上，利用数形结合的方法进行分析和演绎。

改变计时起点涉及数学上坐标轴平移问题；应用上一节无限细分与逼近以及微元累加的思想得出速度–时间图像与时间轴之间的“面积”表示位移的结论。

这对学生是一次全新的体验。

“自主活动”中，推导的要点：初速度为零的匀加速直线运动规律、时间起点平移、“面积”即为经过的位移大小。

设 *t*0 时速度为 *v*0，经过 *t*1，速度为 *v*1。由图2–18，得 *v*1 = *v*0 + *at*1，再由 *x* = (*v*0 + *v*t)*t*1，得 *x* = *v*0*t* + *at*2；。

三个运动学公式表明：位移、速度、时间三者间具有一定的相互关系，运动的描述依赖于时间和空间。

初速度为*v*0的匀加速直线运动可看作初速度为零的匀加速直线运动与速度为*v*0的匀速直线运动的合成。

此处设置“STSE”栏目，目的是引导学生认识科学原理对交通法规制定的指导意义。后续的示例及相关讨论对本栏目做了呼应。

“示例”示范了运用匀变速直线运动的规律解决实陈问题的思路，包括：建立物理模型；恰当应用物理规律；确定物理量的方向或符号；求解方程，代入数据，得出结果。

目的是帮助学生提高模型建构和分析推理能力。

本示例还可以由速度–时间图像的截距、斜率和面积的物理意义，通过分析计算得到结果。这有助于引导学生运用数形结合的方法促进其分析推理能力的提升。

### 问题与思考解读

1．**参考解答**：（1）6 m/s2。提示：第 3 s 的位移为 3 s 末的位移减去 2 s 末的位移。（2）108 m。（3）33 m。提示：第 6 s 的位移为 6 s 末的位移减去 5 s 末的位移。（4）24 m/s。提示：以第 3 s 末的速度为这 21 m 运动的初速度。

**命题意图**：相关运动规律的应用需要关注符号与运动过程及运动状态的对应关系。

**主要素养与水平**：运动与相互作用（Ⅱ）；科学推理（Ⅱ）。

2．**参考解答**：60 m/s，90 m。提示：在实际情况中，火箭上升的过程为变加速运动。此题仅研究最初 5 s 火箭的运动，将这段运动视为匀变速直线运动。应用相应的关系式即可获得结果。

**命题意图**：从文字表述中提取有用的信息，转化为物理问题。

**主要素养与水平**：运动与相互作用（Ⅱ）；科学推理（Ⅱ）。

3．**参考解答**：以舰载机为对象，将其视为质点。设空气静止（无风）。若航母静止，舰载机在航母上由静止开始加速起飞，以最大加速度通过 *x* =200 m距离的末速度增大为 *v*ʹ = ≈ 49 m/s，该速度小于起飞的最小速度 50 m/s。因此舰载机必须借助航母获得一定的初速度。航母匀速行驶，舰载机相对航母静止起飞，其借助航母获得 1 m/s 的速度，即可获得相对空气 50 m/s 的起飞速度。

**命题意图**：从文字表述中提取有用的信息，把文字转化为物理条件，再将物理条件转化为数学公式。

**主要素养与水平**：模型建构（Ⅱ）；科学推理（Ⅱ）。

4．**参考解答**：将卡车的制动过程视为末速度为零的匀减速直线运动，经计算得卡车制动前车速为 8 m/s。

**命题意图**：用匀变速直线运动的规律解决刹车制动的真实问题。

**主要素养与水平**：模型建构（Ⅱ）；社会责任（Ⅰ）。

5．**参考解答**：*v*–*t*图像如图3所示。根据 *v*–*t* 图像近似为一条直线可知，小车的运动可视为匀加速直线运动，由图像可知小车的初速度为 1 m/s，加速度约为 6.25 m/s2。

*v*/(m·s−1)

*t*/s

*O*

1.00

2.00

3.00

4.00

0.1

0.2

0.3

0.4

0.5

0.6

图3

**命题意图**：通过建立数据表格、运动图像与真实运动之间的联系，判断物体的运动性质及运动状态。

**主要素养与水平**：解释（Ⅲ）；科学态度（Ⅰ）。

6．**参考解答**：设两段时间长度均为 *T*，第一段时间的初速度为 *v*1，末速度为 *v*2，第二段时间的末速度为 *v*3。第一段时间内的位移 *x*1 = *T*，第二段时间内的位移 *x*2 = *T*，两段位移之差 Δ*x* = *x*2 – *x*1 = （*v*3 – *v*1）*T*，将 *v*3 = *v*1 + 2*aT* 代入得 Δ*x* = *aT*2，即在相继两个相同时间段内的位移之差仅与加速度及时间间隔长短有关。

**命题意图**：通过计算认识匀变速运动相邻相等时间位移差相等的普遍规律。

**主要素养与水平**：运动与相互作用（Ⅱ）；科学推理（Ⅱ）。

7．**参考解答**：题中变色龙的舌头每秒移动 6 m 可理解为最大速度，即 *v*max = 6 m/s，捕食时舌头 0.1 s 伸出 30 cm，可以将变色龙舌头的运动简化为初速度为零的匀加速直线运动。由*x* = *at*2 得 *a* = = = 60 m/s2。或由 *v*max = *at* 得 *a* = = = 60 m/s2。与实际情况的差异是变色龙的舌头在伸出去的过程中可能是先加速后匀速的，因此加速度的估算值小于实际值。

**命题意图**：将一个比较复杂的运动抽象为匀变速直线运动，体会模型建构的思想。在此基础上，对科学推理的过程进行反思和评价，从不同的角度思考问题，培养科学的态度。

**主要素养与水平**：模型建构（Ⅱ）；质疑创新（Ⅰ）。

### 资料链接

**相对运动**

为了比较形象地理解初速度不为零的匀加速直线运动规律，我们可以考虑如下场景。

输送带保持恒定的速度 *v*0 运行。如图 4 所示，两位旅客 A、B 并排站在输送带上随带一起匀速运动，另一旅客 C 静止站在输送带外。从 A、B 二人同时随输送带到达 C 所在位置 Ⅰ 开始计时，此后 B 在输送带上做加速度为 *a* 的匀加速运动，A 依旧随输送带一起运动。

C

A

B

Ⅰ

Ⅱ

Ⅲ

*v*0

*v*0

图4

*x*1

*x*2

*x*

经过一段时间*t*后，A 到达位置 Ⅱ，B 到达位置 Ⅲ，C 依旧在位置 Ⅰ 。对于随输送带匀速运动的 A 而言，当 B 到达位置 Ⅲ 时，自己已经到达位置 Ⅱ，因此 A 看到 B 相对自己做初速度为零的匀加速直线运动，位移为 *x*2 = *at*2。对于地面上的 C 而言，A 相对 C 做匀速直线运动，位移为*x*1 = *v*0*t*；B 相对 C 做初速度不为零的匀加速直线运动，位移为 *x*。由图可知，*x*、*x*1、*x*2 之间满足 *x* = *x*1 + *x*2，因此，B 相对于地面的位移的表达式为 *x* = *v*0*t* + *at*2，即为初速度不为零的匀加速直线运动位移与时间的关系。

在旅客 C 看来，旅客 B 在 0～*t* 这段时间做初速度为 *v*0，末速度为 *v*t 的匀加速直线运动，根据加速度的定义可得 *a* = ，经过简单的运算即可得到物体初速度不为零的匀加速直线运动速度与时间的关系式：*v*t = *v*0 + *at*，在上述二式中消去时间*t*，即可得到速度 *v* 与位移 *x* 的关系式：*v*t2 = *v*02 + 2*ax*。

这是一个围绕活动主题阅读书籍、做出综述的活动。要求阅读3～5本有关书籍及相关文献，经摘录综合、分析提炼、思考总结，对伽利略的科学思想和对科学发展的贡献做出评述，在学期结束前写一篇阅读报告并在班级中交流。

### 复习与巩固解读

1．**参考解答**：（1）两块石头捆在一起，总的重量比两块石头都大。根据推理 a，整个系统下落的速度要比 8 个单位还大。但当把两块石头捆在一起时，根据推理 b，下落比较快的石头会受下落比较慢的石头影响而减小速度，整个系统的下落速度应该小于 8 个单位。（2）将两把相同的伞从同一高度同时释放。一把伞收拢；另一把伞撑开，伞下拴一个小球。实验时注意安全（合理即可，可引导学生综合运用控制变量等方法设计实验方案）。

**命题意图**：逻辑推理应基于可靠的证据，选择可信的逻辑关系。

**主要素养与水平**：科学推理（Ⅰ）；证据（Ⅱ）。

2．**参考解答**：做自由落体运动的物体在开始下落的瞬间速度为零，加速度不为零。做匀速直线运动的物体，加速度为零，速度不为零。

**命题意图**：建立物理量与具体运动过程的联系。

**主要素养与水平**：运动与相互作用（Ⅱ）；科学推理（Ⅰ）。

3．**参考解答**：3 倍，5 倍，相同。

**命题意图**：自由落体运动规律的简单应用。

**主要素养与水平**：科学推理（Ⅱ）。

4．**参考解答**：48 m。将石块视为质点，忽略空气阻力的影响，石块下落的运动视为自由落体运动。3 s 内石块自由下落 *h* = *gt*2 = 45 m，3 s 内攀岩者匀速上升 *h*2 = *vt* =3 m，此时他离地面的高度约为 *h* = *h*1 + *h*2 =48 m 实际高度比估算结果可能更小，只要有空气，就有空气阻力的影响。重力加速度也比估算的10 m/s2要小（言之有理即可）。

**命题意图**：将真实情境转化为模型化情境。

**主要素养与水平**：模型建构（Ⅱ）；质疑创新（Ⅰ）。

5．**参考解答**：*t*1∶*t*2 = 1∶，*v*1∶*v*2 = 1∶。

**命题意图**：自由落体运动规律的应用。

**主要素养与水平**：科学推理（Ⅱ）。

6．**参考解答**：以石子为对象，忽略空气阻力的影响，将石子从 25 楼下落的运动视为自由落体运动。设每一层的高度为 3 m，则下落的高度为*h* = 75 m。根据 *v*2 = 2*gh*，解得 *v* = = ≈ 38.7 m/s。Δ*h* = *vt* + *gt*2，得 *v* =29.8 m/s，由 *v*2 = 2*gh*，得 *h* = 44.4 m，可知住户的楼层为 15楼。空气阻力、风力、抛出时的初速度等因素，均会影响结果（言之有理即可）。

**命题意图**：教师可以引导学生为光电传感器定标，将时间显示转化为楼层显示。

**主要素养与水平**：模型建构（Ⅱ）；质疑创新（I）；社会责任（I）。

7．**参考解答**：（1）错。小车上升时做匀减速直线运动，下降时做匀加速直线运动。加速度相同；加速度大小不变，方向均沿斜面向下。（2）错。位移大小相等，但方向相反。（3）错。在最高点速度虽然为零，但加速度不为零。（4）对。在匀变速运动中任意相等时间内速度变化量相等。（5）对。由 *v*−*t* 图可见，上升和下降运动是对称的。

**命题意图**：建立真实运动与运动图像的关系，从图像中获取信息。

**主要素养与水平**：科学推理（Ⅱ）；科学论证（Ⅱ）。

8．**参考解答**：（1）该汽车共经历两个运动过程：前一过程为初速度为零的匀加速直线运动，由 *s* = *s*1 + *s*2 = *at*12 + *at*1*t*2 = *at*1（*t*1 + 2*t*2），得加速度 *a* = 2 m/s2；后一过程为匀速直线运动。（2） *v*−*t* 图像如图 5 所示，画图像时要注意标出关键点的横、纵坐标。

*v*/(m·s−1)

24

12

20

*t*/s

*O*

图5

**命题意图**：用图像表示比较复杂的运动过程，通过图像所围的面积表示位移的大小。为后续学习各类图像所围面积的意义做准备。

**主要素养与水平**：科学推理（Ⅱ）。

9．**参考答案**：（1）可以。分析表中的数据可知，各次实验 近似相等。如果水流是均匀稳定的，量筒中收集的水量代表下滑时间的长短。即滑块沿斜面下滑过程中，下滑的距离与时间的二次方成正比。

（2）距离测量不准确；开、关阀门的时刻与滑块开始下滑和遇到挡板时刻不同步。

**命题意图**：阅读伽利略对落体运动的研究过程。通过数据和误差的分析，体会基于证据的解释。

**主要素养与水平**：解释（Ⅲ）；科学本质（Ⅱ）。

10．**参考解答**：首先，提出猜想：相等或不相等。猜想无对错之分。说明需要测量的物理量，由于实脸器材的限制可能是时间，也可能是距离。无论是哪一种，理论演绎都可以得到速度的大小。最后还要有一个结论。

**命题意图**：对加速运动有一个感性认识，为牛顿第二定律的学习做准备。

**主要素养与水平**：问题（Ⅰ）；证据（Ⅲ）；科学态度（Ⅰ）。

11．**参考解答**：观察这些点不同时刻对应的*x* 坐标和 *y* 坐标。在相同的时间间隔内，*x*方向的位移均为2 cm；由此可以推断，小球在*x*方向做匀速直线运动，*x* = 0.02*t*；在相同的时间间隔内，*y*方向的位移分别为 0.5 cm、1.5 cm、2.5 cm、3.5 cm;位移之比为 1∶3∶5∶7。类比伽利略对落体运动的研究可知，小球在 *y* 方向做初速度为零的匀加速直线运动，*y* = *at*2。为确定 *a* 的具体值，在图中任选一点的坐标代入，可得加速度 *a* = 0.01 m/s2。

**命题意图**：通过位置的变化来描述运动的特点，为运动的合成与分解做准备。

**主要素养与水平**：科学推理（Ⅱ）；科学论证（Ⅱ）。

12．**参考解答**：反应时间与身体状况、注意力是否集中以及年龄等因素有关。若疲劳驾驶，会使反应时间延长。由于从司机意识到突发情况到采取制动措施的这段反应时间内，车辆依旧以原速度行驶，反应时间延长会导致从发现情况到完全制动过程中车辆前行的跑离大大增加。增大事故发生的概率。

**命题意图**：开展制作反应尺测量反应时间的活动。

**主要素养与水平**：证据（Ⅲ）；社会责任（Ⅰ）。

## 第三部分 本章练习部分解读

## 第一节 伽利略对落体运动的研究

### （一）参考解答

1．重力，静止

2．均匀，不均匀

3．解释不正确。由于羽毛和石子均受到重力和空气阻力的作用，相对于自身的重力，羽毛受到空气阻力的影响比石子大，所以落地需要的时间长，着地速度小。在真空中，羽毛与石子同时落地，速度一样，这是因为在真空中羽毛和石子都只受重力作用，做完全相同的自由落体运动。

4．见下表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 说法 | 判断 | 说明理由或举例 |
| 伽利略认为物体下落的快慢与轻重无关 | 对 | 这是伽利略与亚里士多德观点的主要分歧 |
| 伽利略猜想落体运动的速度与下落时间成正比 | 对 | 伽利略通过大量观察和斜面实验提出了这个猜想 |
| 伽利略通过落体运动的实验证明自由落体运动的速度随时间均匀变化 | 错 | 由于计时困难，伽利略研究的是由小球沿斜面的运动外推到落体运动 |
| 伽利略通过测量小球沿斜面运动的位移和时间，发现小球的速度随时间均匀变化 | 对 | 伽利略发现小球的位移与时间的二次方成正比，即速度随时间均匀变化 |

5．可以采用测量物体位移、速度和加速度的方法。用位移传感器和光电门传感器，通过拍摄物体下落视频等方法得到测量数据，然后分析数据获得下落物体的速度与时间的关系。测量结果可用 *v*–*t* 图像呈现。

### （二）习题主要素养与水平分析

**习题的主要素养与水平**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 题号 | 运动与相互作用 | 模型建构 | 科学推理 | 证据 | 解释 | 科学本质 | 科学态度 |
| 1 |  |  | Ⅰ |  |  |  |  |
| 2 |  |  | Ⅰ |  |  |  |  |
| 3 |  | Ⅰ | Ⅰ |  |  |  |  |
| 4 | Ⅰ |  |  |  |  | Ⅰ |  |
| 5 |  |  |  | Ⅲ | Ⅰ |  | Ⅰ |

## 第二节 自由落体运动的规律

### （一）参考解答

1．重力，竖直向下

2．速度与下落时间成正比，下落距离与所用时间的二次方成正比。

3．见下表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 说法 | 判断 | 说明理由或举例 |
| 做自由落体运动物体的加速度大小时刻改变 | 错 | 做自由落体运动的物体，其加速度不变 |
| 做自由落体运动的物体在任意一段时间内速度变化量的方向均竖直向下 | 对 | 速度变化量的方向就是加速度的方向，也可以说，做自由落体运动的物体速度始终竖直向下，且逐渐增大，速度变化量也一定竖直向下 |
| 做自由落体运动物体的速度变化率不断增大 | 错 | 速度变化率即加速度，做自由落体运动的物体，其加速度不变 |
| 做自由落体运动物体的位移随时间均匀增大 | 错 | 做自由落体运动的物体，其位移与时间的二次方成正比 |
| 只要知道物体做自由落体运动的时间，就一定可以知道物体在这段时间内的平均速度 | 对 | 知道物体做自由落体运动的时间，就可以知道下落的距离，根据距离和时间就可以知道物体在这段时间内的平均速度 |

4．见下表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 说法 | 判断 | 说明理由或举例 |
| 甲球的加速度是乙球的2倍 | 错 | 甲、乙两球的加速度相等 |
| 甲球的触地速度是乙球的 | 错 | 根据自由落体运动位移与速度的关系，甲球的触地速度是乙球的 |
| 甲球下落的时间是乙球的 | 错 | 根据自由落体运动位移与时间的关系，甲球下落的时间是乙球的 |
| 两球各下落1 s时，速度相等（两球均未触地） | 对 | 两球各下落1 s时，速度均为9.8 m/s |
| 两球各下落1 m时，速度相等（两球均未触地） | 对 | 两球各下落1 m时，速度后，速度均为4.43 m/s |

5．（1）4.9 m，14.7 m （2）0.45 s，0.19 s

6．设下落的总时间为 *t*，则 *gt*2 − *g*(*t* – 1)2 = 35 m，解得 *t* = 4 s，则下落高度为 80 m。

7．被测人员从看到测量员释放直尺到抓住直尺之间的时间间隔即为其反应时间。在这段时间中直尺做自由落体运动。根据被测人员手抓处的刻度就可以知道直尺的下落距离，从而推断出直尺下落的时间，即此人的反应时间。选择的直尺不宜过短。因一般人的反应时间在0.2 s以上，20 cm对应的反应时间约为 0.2 s（*g* 取 10 m/s2），小于大多数人的反应时间，所以选用长度为 20 cm 的刻度尺不合适。因直尺的运动可视为自由落体运动，1 cm、2 cm、3 cm，…对应的反应时间约为 0.05 s、0.06 s、0.08 s，…，下落时间越长，速度越快，*t*2 – *t*1、*t*3 – *t*2、*t*4 – *t*3，…逐渐增大。

8．根据小球的直径可以推断拖影的长度约为 20 cm，小球在快门打开的 Δ*t* 时间内运动的距离 Δ*h* 为 16 cm，重力加速度 *g* 为 9.8 m/s2，设释放点在 A 点上方 *h* 处，根据自由落体运动的规律可得 − = Δ*t*，解得释放点在 A 点上方约 2 m 处。

9．每经过相等时间间隔落下一个水滴，空中的水滴分布在一条直线上，光源闪烁的频率与水滴滴落的频率相同，每次灯亮起，均可在相同位置看到水滴，产生水滴静止的错觉。

10．空易拉罐所受的空气阻力对下落快慢有明显影响，其下落过程不能视为自由落体运动，应选择重一些的实心物体。重物从高处掉落有安全隐患，操作时应注意安全。下落时间太短，人的反应时间会对时间的测量有显著影响，用声传感器采集相应声音代替手动按停表可减小测量的误差。

### （二）习题主要素养与水平分析

**习题的主要素养与水平**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 题号 | 运动与相互作用 | 模型建构 | 科学推理 | 科学论证 | 解释 | 质疑创新 | 证据 | 社会责任 |
| 1 |  |  | Ⅰ |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  | Ⅰ |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  | Ⅱ | Ⅰ |  |  |  |  |
| 4 |  |  | Ⅱ | Ⅰ |  |  |  |  |
| 5 | Ⅰ |  | Ⅱ |  |  |  |  |  |
| 6 | Ⅰ |  | Ⅱ |  |  |  |  |  |
| 7 |  | Ⅰ | Ⅱ |  |  |  | Ⅱ |  |
| 8 |  | Ⅱ | Ⅱ |  |  |  |  |  |
| 9 |  |  | Ⅱ |  |  | Ⅰ |  | Ⅰ |
| 10 |  |  |  |  |  | Ⅰ | Ⅰ | Ⅰ |

## 第三节 匀变速直线运动的规律

### （一）参考解答

1．，

2．

3．。提示：*h* = *v*0*t* + *at*2

4．，减小，增大。提示：*b* = *v*1Δ*t*1 = *v*2Δ*t*2，*a* = 。

5．错。汽车从制动到停下的时间只有4 s，相应位移为40 m。从4 s末开始汽车速度为0，位移不再变化；因此不能盲目应用运动规律、机械地套用公式，需注意分析题目中隐藏的条件。

6．0～7 s，14。提示：0～7 s速度为正，7 s后向负方向运动。0～9 s的位移等于0～7 s的位移大小减去7～9 s的位移大小。

7．（1）*v*–*t*图像如图6所示。

2*a*0*t*0

*v*

*O*

*t*0

3*t*0

*t*

图6

（2）根据*v*–*t*图像可知，物体在*t*0时的速度为2*a*0*t*0

（3）根据*v*–*t*图像可知，物体在3*t*0时间内的位移为3*a*0*t*02

8．牙签穿纸效果的差异，可以用图7说明：图（a）表示牙签处在左端靠近出口处，图（b）表示牙签处在右端靠近嘴巴处。吹气时，牙签获得的加速度大致相同，可将牙签的运动看作匀加速直线运动。图（a）中牙签的位移为*x*1，离开吸管时速度为*v*1；图（b）中牙签的位移为*x*2，离开吸管的速度为*v*2。根据匀加速直线运动公式*v*t = 可知，*x*越大，*v*越大，由于*x*2＞*x*1，所以*v*2＞*v*1。速度越大越容易穿入薄纸中，所以两者效果有明显差异。

*x*1

（a）

*x*2

（b）

图7

### （二）习题主要素养与水平分析

**习题的主要素养与水平**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 题号 | 运动与相互作用 | 模型建构 | 科学推理 | 科学论证 | 解释 | 社会责任 |
| 1 |  |  | Ⅱ |  |  |  |
| 2 |  |  | Ⅰ |  |  |  |
| 3 |  | Ⅰ | Ⅱ |  |  |  |
| 4 |  |  | Ⅱ |  | Ⅰ | Ⅰ |
| 5 |  |  |  | Ⅱ | Ⅰ |  |
| 6 | Ⅱ |  | Ⅱ |  |  |  |
| 7 | Ⅱ |  | Ⅱ |  |  |  |
| 8 |  | Ⅰ | Ⅱ | Ⅱ |  |  |

# 第四部分 本章实验与活动部分解读

自主活动 研究篮球的自由下落

（1）不同物体由静止起下落的规律和加速度是否相同？给出你的解释。

**参考解答**：不同物体由静止起下落的运动规律并不相同。阻力影响越小，运动规律越相近，速度增大并逐渐趋向于一个定值。

**命题意图**：根据实验获得的图像及数据，通过解释与交流丰富对自由落体运动模型的认识。

（2）由反射式位移传感器在某时刻获得的数据是被测物体在哪个时刻与传感器端面之间的距离？

**参考解答**：反射式位移传感器发出的超声波到达被测物体后被反射，传感器接收反射的超声波，并记录这段时间Δ*t*，根据*x* = *v*Δ*t*确定物体与传感器的距离。该距离对应被测物体反射超声波的时刻。

**命题意图**：知道反射式位移传感器的测量原理，能对距离的测量作出分析和推理。