棕榈树下有许多人

描述已自动生成

第一章 运动的描述

12

图 1–18 比赛中“风驰电掣”的骑手

第三节

**位置变化的快慢 速度**

不同物体位置变化的快慢即运动的快慢往往不同。在物理学中，怎样描述物体运动的快慢呢？让我们从最熟悉的运动——匀速直线运动开始吧！

## 如何用图像描述做匀速直线运动物体的速度规律？

在实际情况中，物体经过相同时间内的位移通常不可能总相等。如果真实的运动与匀速直线运动比较接近，就可以近似视为匀速直线运动。匀速直线运动是一个关于运动过程的物理模型。

助

臂

一

在上一节绘制小球 *x*–*t* 图像的自主活动中，我们得到一条经过原点的直线，如图 1–19 所示。观察图像可以发现，小球在任意相等时间间隔 Δ*t* 内通过的位移 Δ*x* 是相同的。像这样在任意相等时间内物体的位移总是相等的运动，称为**匀速直线运动（uniform motion）**。

图 1–19 小球运动的 *x*–*t* 图像

*x*

*t*

*O*

*x*4

*x*3

*x*2

*x*1

*t*1

*t*2

*t*3

*t*4

Δ*t*

Δ*t*

Δ*x*

Δ*x*

假设射出枪膛的子弹和爬行的蜗牛都做匀速直线运动，

我们知道子弹运动得比蜗牛快。这是因为，同样通过 5 cm的位移，子弹用的时间比蜗牛用的时间短；或者说同样经过 0.1 s，子弹运动的位移比蜗牛运动的位移大。

在物理学中，用位移与发生这段位移所需时间的比来表示物体运动的快慢，称为**速度（velocity）**，通常用字母 *v* 表示。在匀速直线运动中，用 Δ*x* 表示位移，发生这段位移所需时间为 Δ*t*，则速度可以表示为

*v* =

速度的物理意义是描述物体运动的快慢和方向，数值上等于物体在单位时间内的位移大小。由于位移是矢量，速度也是矢量。速度的方向为运动物体位移的方向，速度的大小描述了物体位置变化的快慢程度。

在国际单位制中，速度的单位是米/秒（m/s或m·s−1）。常用单位还有千米/时（km/h或km·h−1）。

图 1–20 小球运动的*v*–*t*图像

*v*

*t*

*O*

小球做匀速直线运动的 *x*–*t* 图像是一条过原点的直线（图 1–19）。根据速度的定义可知，该直线的斜率 *k* = 表示小球做匀速直线运动的速度大小。以速度 *v* 为纵轴，时间 *t* 为横轴建立坐标系，可得小球速度随时间变化的图像，即小球运动的 *v*–*t* 图像（图 1–20），它是一条平行于时间轴的直线。

## 如何描述物体做变速直线运动的快慢？

某运动员百米跑的成绩为 10.2 s，他在起跑、中途和冲刺三个阶段沿直线赛道做速度变化的运动，运动的快慢各不相同。我们把物体在相等时间间隔内位移不总是相等的直线运动称为变速直线运动。

位移 100 m 与所用时间 10.2 s 的比可以粗略地描述运动员在 10.2 s 内奔跑的快慢。在物理学中，我们把做变速直线运动物体的位移与发生这段位移所用时间的比称为**平均速度（average velocity）**，通常用符号 表示。

第三节 位置变化的快慢 速度

13

平均速度是用物体的位移和所用时间的比来定义的。在物理学中，常用路程与所用时间的比来表示物体沿轨迹运动的平均快慢，称为平均速率（average speed）。平均速率是标量，在单向直线运动中，平均速率等于平均速度的大小。章导图中记录一段时间内汽车灯光的踪迹，反映了汽车的运动情况，通过踪迹可以对汽车的运动情况进行研究。根据光迹的长度和曝光时间的长短就可以估算出汽车在这段时间内的平均速率。

拓 展 视 野

某位运动员在 10.2 s 内跑完 100 m，说明该运动员在整个运动过程中的平均速度约为 9.80 m/s，该数值是否表示运动员每秒均通过了 9.80 m？分段分析运动员的跑步过程，有助于提高运动员的竞技水平。根据表 1–4 中的数据，计算运动员在百米跑过程中每 10 m 的平均速度，在图 1–21 中标出。并据此描述运动员在比赛过程中运动快慢的变化。

表 1–4 运动员跑步分段数据

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 距离*s*/m | 0~10 | 10~20 | 20~30 | 30~40 | 40~50 | 50~60 | 60~70 | 70~80 | 80~90 | 90~100 |
| 时间*t*/s | 1.86 | 1.08 | 0.89 | 0.91 | 0.88 | 0.89 | 0.91 | 0.91 | 0.93 | 0.94 |

图 1–21 运动员比赛过程中每 10 m 的平均速度

自

主

活

动

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

*s*/m

*v*/(m·s−1)

13.00

12.00

11.00

10.00

9.00

8.00

7.00

6.00

5.00

与用整个运动过程的平均速度分析运动快慢的方式相比，对运动过程逐段分析能更精确地描述变速运动的快慢，分段越多，描述就越精确。可以设想，如果将整个运动过程无限细分，则每一小段运动的平均速度就趋近于运动员经过该小段内某位置的速度。我们把物体在某时刻或经过某位置的速度称为**瞬时速度（instantaneous velocity）**。相较于平均速度，瞬时速度可以更加精确地描述物体做变速运动的快慢和方向。瞬时速度的大小通常称为速率。

在图 1–18 中，骑手的身影是模糊的。那是因为在快门打开的短暂时间里，骑手正在高速骑行，在底片上留下了一段拖影。根据拖影的长度和曝光时间的长短，可以估算出骑手在那一时刻的瞬时速度。

瞬时速度也是矢量，其大小表示物体经过某位置瞬间的运动快慢，瞬时速度的方向就是物体在该瞬间的运动方向。匀速直线运动是瞬时速度保持不变，瞬时速度与平均速度相等的运动。

第一章 运动的描述

14

第三节 位置变化的快慢 速度

15

学生实验

测量做直线运动物体的瞬时速度

实验原理与方案

某时刻（或某位置）附近极短时间（或极短位移）内的平均速度可视为物体在该时刻（或该位置）的瞬时速度。实验需要测量两个物理量：时间间隔和相应的位移。

由于时间间隔和位移都太小，很难用停表和刻度尺来精确测量，用光电门传感器可以提高测量精度。

红外线

*B*

*A*

光电门传感器为门式结构，如图 1–22 所示。A 孔发射红外线，B 孔接收红外线。A、B 之间无物体挡光时，电路断开；有物体挡光时，电路接通。根据挡光物体的宽度（物体在挡光时间内通过的位移大小）和挡光时间，即可算出运动物体在这段挡光时间内的平均速度。

拓 展 视 野

图 1–22 光电门传感器示意图

实验装置与方法

如图 1–23 所示，将光电门传感器固定在倾斜导轨上的适当位置，光电门传感器的支架与导轨垂直。使固定有挡光片的小车沿倾斜导轨下滑，并能顺利通过光电门传感器实现挡光。光线被遮挡的时间，即为挡光片通过光电门传感器的时间 Δ*t*，小车在挡光时间内的位移 Δ*x* 的大小即为挡光片的宽度。



图 1–23 实验装置

小车

导轨

挡光片

光电门

传感器

实验操作和数据收集

将小车从倾斜轨道的顶端附近由静止释放，记录挡光时间。更换不同宽度的挡光片，使挡光片固定在小车的同一位置，小车从导轨的同一位置由静止释放，记录挡光时间。建议在实验中采用宽度分别为 6 cm、4 cm、2 cm、1 cm 的挡光片。将实验数据填入表 1–5 中。

表 1–5 实验数据记录表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 实验序号 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 挡光时间内的位移 Δ*x*/cm |  |  |  |  |
| 挡光时间 Δ*t*/s |  |  |  |  |
| 平均速度 /(m·s−1) |  |  |  |  |

数据分析

由实验数据的分析可知，在相同实验条件下，选择宽度为 1 cm 的挡光片时，由于挡光时间最短，所测得的平均速度可近似为挡光片经过光电门传感器时小车的瞬时速度。

实验结论

挡光片经过光电门传感器时小车的瞬时速度 *v* = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_m/s。

交流讨论

交流各组测得的瞬时速度有何不同，分析其原因。

在实验中，我们还可用位移传感器采集数据，经数据处理后获得小车沿斜面做变速直线运动的 *x*–*t* 图像，通过对 *x*–*t* 图像的分析也可以得到物体在某一时刻的瞬时速度。

如图 1–24 所示为某一质点做变速直线运动的 *x*–*t* 图像。该质点经过 4 m 处（对应图像上 *P* 点）时运动得有多快？我们用图像上 *P*点两边 *A*、*B* 点间的平均速度来大致描述质点经过 *P* 点的运动快慢，得到 *v*1 = 2.0 m/s；如果取更接近 *P* 点的两个点 *A*ʹ 和 *B*ʹ，得到 *v*2 = 2.2 m/s；如果再取更接近 *P* 点的 *A*ʺ 和 *B*ʺ 点，则曲线 *A*ʺ*B*ʺ几乎就是一条直线，这时得到 *v*3 = 2.21 m/s。如果所取的两个点无限接近 *P* 点，这段极短时间内的平均速度就是图中 *P* 点的瞬时速度了。

图示, 工程绘图

描述已自动生成

图 1–24 做变速直线运动的质点在 *P* 点的速度分析

**问题 思考**

**与**

1. 下列关于各种“速度”的说法中，哪些是平均速度？哪些是瞬时速度？

（1）羽毛球比赛中的最高球速可达到 420 km/h。

（2）高铁经 12 min 加速到 350 km/h。

（3）台风中心以 20 km/h 的速度向西北方向移动。

（4）车辆通过 1 km 拥堵路段耗时 20 min，车速仅为 3 km/h。

第一章 运动的描述

16

**问题 思考**

**与**

第三节 位置变化的快慢 速度

17

1. 某时刻汽车速度计的示数就是汽车在该时刻瞬时速度的大小。能否再举出一些生活中描述瞬时速度大小的例子？



图 1–25

1. 如图 1–25 所示是设立在学校附近的限速标志牌，在这段道路上全程限速 30 km/h。一辆汽车通过该路段 150 m 的距离所用的时间为 18 s。请判断此车是否超速，并作出分析。
2. 照相机快门是控制感光时间的装置，“快门速度”的单位是秒。本节节首图 1–18 是在一定快门速度下拍摄的照片。据此该如何估算骑手骑行的速度？需要收集哪些信息？为消除图 1–18 中的拖影，拍摄时快门速度应该如何调整？
3. 如图 1–26 所示的频闪照片记录了运动员前空翻的过程。频闪记录仪相邻闪光间隙均为 0.2 s，运动员身高约 1.6 m。在此过程中，运动员重心在地面上投影的平均速度为多大？如何估测运动员在标号分别为 14、24 位置时其重心在地面上投影的瞬时速度？

图片包含 条形图

描述已自动生成

图 1–26

1. 在“测量做直线运动物体的瞬时速度”的实验中，挡光片通过光电门传感器瞬间的平均速度可近似为小车的瞬时速度。实验中更换不同宽度的挡光片，多次实验。

（1）每一次实验，小车均在斜面上由静止释放。每次的释放位置有何要求？说明理由。

（2）用位移传感器可同时测得小车沿斜面运动的 *x*–*t* 图像，如图 1–27 所示。*t*1 是挡光开始时刻，*t*2 是挡光结束时刻，小车在这段时间内的位移大小为挡光片的宽度。光电门传感器测得的平均速度在 *x*–*t* 图像中如何表示？

图 1–27

*t*/s

*O*

*x*/m

*t*1

*t*2

（3）实验中更换不同宽度的挡光片。为何挡光片越窄，测得的平均速度越小？利用图 1–27 分析解释。

## 第三节 位置变化的快慢 速度

### 本节编写思路

本节由生活实例、真实数据、“自主活动”和“学生实验”逐步建立运动的快慢、匀速直线运动的概念，进而理解速度、瞬时速度的物理意义，形成运动描述与空间、时间紧密相关的观念。

在上节位移概念的基础上，通过比较蜗牛和子弹，引入运动快慢和匀速直线运动的概念。利用运动员百米跑的数据，经“自主活动”的分析初步形成速度的概念。在“学生实验”的基础上，理解瞬时速度的含义并据此描述运动快慢的意义。经历模型建构的过程，感受无限逼近的分析方法。

通过学习，体验由具体到抽象、用科学语言描述实际运动的思维过程，有助于运动观念的形成。

### 正文解读

自行车运动是人们喜爱的一种健身运动。当骑手骑着自行车“风驰电掣”般从照相机镜头前通过时，所拍摄的影像在骑手运动方向的拖影反映了骑手在曝光时间内运动的快慢。通过观察照片可以感受速度、位置变化以及所用时间之间的关系，为经历从具体事例抽象为物理模型，建立速度概念做铺垫。教材第 13 页对此有所呼应。

“助一臂”通过指出匀速直线运动是从实际运动中抽象出来的理想模型，将学生对理想模型的认识由质点这类关于对象的实物模型拓展到关于运动的过程模型。

通过分析子弹与蜗牛的运动，体现取相同位移比较时间、取相同时间比较位移两种运动快慢的比较方法。

利用比值法给出速度的一般概念及表达式。将“速度是路程与所用时间的比”提升为“位移与所用时间的比”，突出速度的矢量性。

通过分析，明确位移-时间（即 *x*–*t*）图像的斜率表示速度，并引入用速度-时间（即*v*-*t*）图像描述物体运动的方法，为描述变速直线运动做准备。

以运动员百米跑为例，引入变速直线运动的概念。

用等效替代思想引入平均速度的概念。

“拓展视野”简介平均速率的概念及与平均速度的区别，呼应本章的章导图。同时，为往返运动、曲线运动等情形中讨论运动的快慢做铺垫。不在教材正文中讨论平均速率是因为课程标准对此没有要求。

设置“自主活动”，学习根据具体数据用柱形图表示运动中每小段的平均速度。

理解变速直线运动各阶段的平均速度不完全相同，感受用分段平均速度描述比用全程平均速度描述能更细致地反映变速直线运动的快慢。

为学习瞬时速度的概念打下基础。

在“自主活动”基础上引入瞬时速度的一般概念，感受无限细分与无限逼近的思想方法。

呼应节首图，将抽象的概念情境化、直观化。

实验的主要目的是通过数据分析，理解无限逼近的思想，进而理解瞬时速度的实验测量方法。

实验中通过减小固定在小车上的挡光片宽度，以测得的平均速度近似作为瞬时速度。实验中需通过分析所测平均速度的收敛趋势，确定瞬时速度的测量值。

理论上，瞬时速度应是挡光片宽度及挡光时间无限缩小时测得的平均速度的极限值，但由于实验器材的限制，在实验中以宽度最小的挡光片测得的平均速度作为瞬时速度的测量值。

在实验技能层面，通过实验应了解 DIS 实验系统的构成与操作特点；会组装实验装置，并能正常开展实验测量和数据记录。

平均速度的测量利用了光电门传感器，相应介绍与说明可参见实验与活动部分中的相关内容。实验所用挡光片宽度分别为 6 cm、4 cm、2 cm 和 1 cm。实验中为保证小车经过光电门位置时的速度相同，需要使小车每次都从轨道的同一位置由静止释放。

除利用光电门传感器外，也可用分体式位移传感器进行测量。

在 *x*–*t* 图中 P 点左侧和右侧分别选取 A、B 两点，并不断逼近 P 点，A、B 两点连线（即割线）的斜率表示的平均速度大小逐渐趋于某个确定值。当 A、B 两点逐渐逼近到 P 点，所取时间小于 0.010 s 时，平均速度大小的十分位不再变化，此后的变化发生在百分位及以下。如果测量只要求准确到十分位，就可以将 AB 段的平均速度作为小车经过P点瞬时速度的测量值。从图像上可直观看出，当 A、B 两点趋于 P 点时，A、B 间的割线趋于过 P 点图像的切线，其斜率就是小车经过 P 点时瞬时速度的理论值。

必须注意，*x*-*t* 图中A、B 两点不断逼近 P 点的过程与实验中挡光片宽度逐次减小的过程并不完全对应。实验中挡光片前缘如果对应图中的 P 点，逐次减小挡光片宽度的过程对应的是图中的 B 点沿曲线趋向 P 点的过程。

### 问题与思考解读

1．**参考解答**：（1）、（2）描述的是瞬时速度，（3）、（4）描述的是平均速度。

**命题意图**：用平均速度和瞬时速度的概念对实例做出判断。

**主要素养与水平**：运动与相互作用（Ⅰ）；科学推理（Ⅰ）。

2．**参考解答**：略

**提示**：给学生表达的机会，结合自己的生活，寻找合适的实例与大家分享

**命题意图**：承接上题，从判断到自己寻找实例，体会平均速度和瞬时速度的意义。

**主要素养与水平**：科学论证（Ⅱ）；科学本质（Ⅰ）。

3．**参考解答**：根据通过的时间 18 s 和路段长度 150 m，可求得此车经过该路段的平均速度为 30 km/h，因此无法据此判断此车是否超速。如果该车以 30 km/h 匀速通过该路段，则没有超速；若该车在某些时段内瞬时速度大于 30 km/h，则此车超速。

**命题意图**：运用概念和规律解释真实的问题。

**主要素养与水平**：科学推理（Ⅱ）；科学论证（Ⅲ）。

4．**参考解答**：可以用很短时间的平均速度来估算瞬时速度。需要知道快门速度和照片中物体的真实尺寸，根据照片中物体的大小和真实的尺寸可知其比例关系，由拖影的长度和比例关系可以估算在相机快门打开时自行车前行的距离，用距离除以快门速度估算骑手的速度大小。为消除照片中的“拖影”，拍摄时应选择更短的曝光时间。

**命题意图**：在生活实际中应用“无限逼近”的思想。

**主要素养与水平**：运动与相互作用（Ⅱ）；证据（Ⅲ）。

5．**参考解答**：提示：量出从 1 号位置到 25 号位置的距离，根据运动员的身高与照片中的尺寸估算运动员重心的位移，将该位移除以 4.8 s，可得运动员的平均速度。将 14 ~ 15 位置的位移除以 0.2 s 来估算 14 号位置的瞬时速度；将 24 ~ 25 位置的位移除以 0.2 s 来估算 24 号位置的瞬时速度。

**命题意图**：动手从频闪照片中提取信息。

**主要素养与水平**：运动与相互作用（Ⅱ）；科学推理（Ⅱ）。

6．**参考解答**：（1）每次需将小车从斜面上同一位置由静止释放。目的是保证小车经过光电门时运动状态相同，从而比较不同宽度挡光片测得的平均速度的差别。（2）测得的平均速度大小在 *x*-*t* 图中就是曲线上两点（A 和 B 或 A 和 C）间割线的斜率值，其中 B 点对应较宽挡光片挡光结束的时刻，C 点对应较窄挡光片挡光结束时刻，如图 5 所示。（3）由图可知，随着挡光片宽度变窄，曲线上两点间割线的斜率减小，逼近曲线上 A 点切线的斜率。因此随着挡光片宽度减小，所测得的平均速度逐步逼近 *t*1 时刻的瞬时速度。

*t*/s

*O*

*x*/m

*t*1

*t*2

Δ*t*

Δ*x*

*C*

*B*

*A*

图5

**命题意图**：关注实验条件对实验结果的影响；通过实验促进概念的形成，了解无限逼近的方法。

**主要素养与水平**：科学推理（Ⅱ）；科学本质（Ⅰ）；科学态度（Ⅰ）。