**学期**

**活动**

学期活动

113

**了解相对论的发展历史和爱因斯坦的科学思想。**

20 世纪初相对论的建立是现代物理学的一次革命，了解相对论的发展历史和爱因斯坦的科学思想有助于我们更好地学习和掌握现代物理学知识，提高分析问题和解决问题的能力及创新能力。通过阅读相关书籍和查阅有关资料，进一步了解相对论的发展历史和爱因斯坦的科学思想，并在此基础上撰写读书报告。

活动要求：

（1）整理并总结相对论的发展历史以及对相对论的建立有过贡献的科学家。

（2）总结爱因斯坦对建立相对论的主要贡献。

（3）通过爱因斯坦的科学生涯总结爱因斯坦的科学思想。

（4）以小组的形式进行展示与交流。

基本概念和基本规律

**狭义相对论基本原理**

**相对性原理**：物理规律在所有惯性系中都具有相同的形式。

**光速不变原理**：真空中的光速在所有惯性系中都是相同的，与光源和观测者的速度无关。

**广义相对论基本原理**

**等效原理**：一个均匀的引力场与一个做匀加速运动的参考系等价。

**广义相对性原理**：物理规律在任何参考系中都具有相同的形式。

基本方法

通过爱因斯坦建立相对论的过程，感受思想实验的方法。

通过对相对论效应和实验验证的学习，认识理论演绎、科学推理和科学论证的方法。

知识结构图

小

结

微观领域

等效原理

广义相对性原理

水星近日点进动

引力红移

光线偏折

引力波

强引力场

广义相对论

大爆炸宇宙学

同时的相对性

尺缩效应

钟慢效应

质能关系

相对性原理

光速不变原理

狭义相对论

的基本原理

高速运动

狭义相对论

经典力学的局限性

探究、推理

推广

推理

抽象

狭义相对论

的效应

广义相对论

的基本原理

广义相对论

的实验验证

推理

抽象

推理

抽象

推理

抽象

推理

推理

第八章 牛顿力学的局限性与相对论初步

114

**复习 巩固**

**与**

复习与巩固

115

1. 如果一个人以接近光速的速度在长直的街道上运动，那么在他眼里，街道边建筑物的高度和宽度会有什么变化？
2. 一列高铁高速经过一座静止长度与高铁相同的桥梁，列车上的观察者认为桥梁和列车哪个更长？桥梁上的观察者认为哪个更长？
3. 高楼顶楼的钟和一楼的钟相比，哪个走得慢？
4. 测量光速可以有不同的方法，比如在月球上放置一个反射镜，在地球上向月球发射一束激光，反射回地面后通过激光的行返时间来计算光速。图 8–18 所示为法国物理学家菲索利用旋转齿轮法来测量光速的装置，当齿轮静止时，光束穿过齿缝经平面镜反射后能被观察者看到；当齿轮旋转时，如果反射光返回时正好碰到齿轮，观察者就看不到光，如果反射光返回时正好转到下一个齿缝，观察者就能看到光。设此时反射镜到齿轮的距离为 *L*，齿轮转速为 *n* = 1 000 r/s，齿轮的齿数为 *m* = 720，要想测出光速，*L* 需要多长？如何增加这个长度？

图 8–18

光源

半透明镜

光束

镜子

齿轮

1. 如果光速只有 甚至更小，相对论效应是更显著还是更不易看到？
2. 如果引力常量 *G* 增大，牛顿力学的适用范围是变大还是变小？
3. 地球绕太阳公转轨道的近日点会有进动吗？不考虑其他天体的影响，地球近日点进动值比水星近日点进动大还是小？简述理由。
4. 牛顿引力理论和爱因斯坦广义相对论在描述地球和太阳之间的相互作用时有什么不同？
5. 太阳的寿命约为 100 亿年，太阳形成至今已经演化了约 50 亿年？再过 50 亿年，太阳将进入什么阶段？太阳这类小质量恒星最后会演化成什么样的致密天体？
6. \*有人说，宇宙是无限的，宇宙中的恒星也是无限多的，因此在宇宙中的任意一点，无限多恒星的光叠起来都足以达到太阳的亮度，即不应该有黑夜。如何用现代宇宙学理论来分析解决这个悖论？

附录

116

录

附

## 索引

[尺缩效应 / 100](https://enjoyphysics.cn/Article2682#p100)

[大爆炸宇宙学 / 108](https://enjoyphysics.cn/Article2683#p108)

[等效原理 / 103](https://enjoyphysics.cn/Article2682#p103)

[第二宇宙速度 /](https://enjoyphysics.cn/Article2673#p48) 48

[第三宇宙速度 / 4](https://enjoyphysics.cn/Article2673#p48)8

[第一宇宙速度 / 4](https://enjoyphysics.cn/Article2673#p46)6

[动能 / 6](https://enjoyphysics.cn/Article2677#p68)8

[动能定理 / 7](https://enjoyphysics.cn/Article2677#p71)1

[功率 / 63](https://enjoyphysics.cn/Article2676%22%20%5Cl%20%22p63)

[光速不变原理 / 97](https://enjoyphysics.cn/Article2682#p97)

[光线偏折 / 10](https://enjoyphysics.cn/Article2682#p104)4

[广义相对性原理 / 103](https://enjoyphysics.cn/Article2682#p103)

[机械功 /](https://enjoyphysics.cn/Article2675#p55) 55

[机械能 /](https://enjoyphysics.cn/Article2679#p80) 80

[机械能守恒定律 /](https://enjoyphysics.cn/Article2679#p81) 81

[角速度 /](https://enjoyphysics.cn/Article2667#p15) 15

[近日点进动 / 103](https://enjoyphysics.cn/Article2682#103)

[开普勒第二定律 /](https://enjoyphysics.cn/Article2671#p38) 38

[开普勒第三定律 / 3](https://enjoyphysics.cn/Article2671#p38)8

[开普勒第一定律 / 38](https://enjoyphysics.cn/Article2671#p38)

[离心现象 / 27](https://enjoyphysics.cn/Article2669#p27)

[零势能面 / 75](https://enjoyphysics.cn/Article2678#p75)

[抛体运动 / 6](https://enjoyphysics.cn/Article2666#p6)

[平均功率 / 63](https://enjoyphysics.cn/Article2676#p63)

[平抛运动 / 6](https://enjoyphysics.cn/Article2666#p6)

[曲线运动 / 2](https://enjoyphysics.cn/Article2665#p2)

[瞬时功率 / 64](https://enjoyphysics.cn/Article2676#p64)

[弹性势能 / 7](https://enjoyphysics.cn/Article2678#p77)7

[同时的相对性 / 9](https://enjoyphysics.cn/Article2682#p98)8

[万有引力 / 41](https://enjoyphysics.cn/Article2672#p41)

[万有引力定律 / 41](https://enjoyphysics.cn/Article2672#p41)

[线速度 / 1](https://enjoyphysics.cn/Article2667#p15)5

[相对性原理 / 9](https://enjoyphysics.cn/Article2682#p97)7

[向心加速度 / 22](https://enjoyphysics.cn/Article2668#p22)

[向心力 / 1](https://enjoyphysics.cn/Article2668#p18)8

[引力波 / 10](https://enjoyphysics.cn/Article2682#p105)5

附录

111

[引力常量 / 41](https://enjoyphysics.cn/Article2672#p41)

附录

111

[引力红移 / 104](https://enjoyphysics.cn/Article2682#p100)

[匀速圆周运动 / 14](https://enjoyphysics.cn/Article2667#p14)

[运动的分解 / 4](https://enjoyphysics.cn/Article2665#p4)

[运动的合成 / 4](https://enjoyphysics.cn/Article2665#p4)

[质能关系 / 103](https://enjoyphysics.cn/Article2682#p103)

[钟慢效应 /](https://enjoyphysics.cn/Article2682#p99) 99

[重力势能 /](https://enjoyphysics.cn/Article2678#p73) 73

[周期 / 1](https://enjoyphysics.cn/Article2667#p15)5

## 学期活动

爱因斯坦是 20 世纪最伟大的物理学家，对现代物理学的两大支柱——量子力学和相对论的建立与发展均做出了杰出的贡献。爱因斯坦在其一生的科学研究生涯中，在物理学各个领域都做出了开创性的工作，极大地推动了现代物理学的发展。

1905 年，爱因斯坦连续发表了 4 篇划时代的重要论文。他在第一篇论文中提出了光量子假说，成功解释了光电效应，对量子力学的建立产生了重要影响。第二篇论文对布朗运动给出了正确解释。第三篇论文建立了狭义相对论，完美解决了世纪之交的以太疑难，否定了牛顿的绝对时空观，建立了全新的相对论时空观，对现代物理学产生了深远的影响。第四篇论文给出了著名的质能方程，开启了核能利用的时代。1906 年，爱因斯坦提出固体比热理论，是固体量子理论的开创者；1915 年以一已之力完成广义相对论，建立了一个关于时空和引力的全新理论，对时空的本质有了更加深刻的认识，开启了物理学新的时代，影响深远。广义相对论提出的所有预言，都在之后的 100 年内被一一证实。广义相对论被公认为 20 世纪人类认识自然最伟大的科学成果之一。物理学家玻恩曾说过，广义相对论“把哲学的深奥、物理学的直观和数学的技艺令人惊叹地结合在一起”。1916 年，爱因斯坦提出受激辐射理论，是激光理论的开拓者；1917 年发表关于宇宙学的论文，开启了现代宇宙学的研究；1924 年完成波色 - 爱因斯坦统计，预言了波色 - 爱因斯坦凝聚并在 70 年后被实验证实；1935 年与合作者提出 EPR 佯谬，对量子力学的发展产生重要影响，并直接催生了对量子纠缠和量子通信的研究。

爱因斯坦具有超人的智慧和深刻的物理直觉，对现代物理学做出了无可匹敌的重大贡献，他的科学思想和哲学思想影响深远，是一座难以企及的高峰。

### 复习与巩固解读

1．参考解答：相对论的长度缩短是沿运动方向，所以接近光速运动的观察者会认为街道两边的建筑物高度不变，但宽度变窄。

命题意图：理解狭义相对论的长度缩短只是沿运动方向。

主要素养与水平：运动与相互作用（Ⅰ）；科学推理（Ⅰ）；解释（Ⅰ）。

2．参考解答：因为运动是相对的，根据相对论的长度缩短效应，列车上的观察者认为桥缩短了，所以列车比桥更长，而桥上的观察者则认为列车缩短了，桥比列车更长。

命题意图：通过具体例子理解狭义相对论的长度缩短是相对的。

主要素养与水平：运动与相互作用（I）；科学推理（I）；解释（I）。

3．参考解答：顶楼高地心距离远一些，所以引力场要弱一些，按照广义相对论，引力场越强，钟就越慢。因此一楼的钟要比顶楼的钟稍慢一些。

命题意图：通过具体例子理解广义相对论中引力场越强，时钟越慢的效应。

主要素养与水平：科学推理（Ⅱ）；科学论证（Ⅱ）；解释（Ⅱ）。

4．参考解答：假定光反射到齿轮时，正好转过一个齿，即光从第二个齿缝穿过，齿轮转一圈的时间为 ，转过一个齿缝的时间为 ，光传播时间为 ，因此有

 = ，*L* = = m ≈ 208 m

可以利用平面镜的多次反射来增加光传播的距离

命题意图：通过计算理解如何利用旋转齿轮法测量光速。

主要素养与水平：科学推理（Ⅲ）；科学论证（Ⅲ）；解释（Ⅲ）；科学态度（Ⅲ）。

5．参考解答：如果光速只有 甚至更小，那么速度比 更接近于1，因此相对论效应会更容易显现。

命题意图：理解在什么条件下狭义相对论效应更容易显现。

主要素养与水平：科学推理（Ⅲ）；科学论证（Ⅲ）；解释（Ⅲ）；科学本质（Ⅲ）。

6．参考解答：如果 *G* 增大，则无量纲数 变大，即更容易达到强引力的条件，因此牛顿力学的适用范围变小。

命题意图：理解在什么条件下广义相对论的效应显得重要。

主要素养与水平：科学推理（Ⅲ）；科学论证（Ⅲ）；解释（Ⅲ）；科学本质（Ⅲ）。

7．参考解答：地球相比水星要离太阳远一些，所以受到太阳的引力场也要小一些，如果不考虑其他天体的影响，地球的近日点进动值要比水星的小。

命题意图：通过具体例子理解广义相对论中的行星轨道近日点进动效应。

主要素养与水平：科学推理（Ⅲ）；科学论证（Ⅲ）；解释（Ⅲ）。

8．参考解答：按照牛顿引力理论，太阳和地球都具有巨大的质量，彼此存在引力作用，互相吸引，这个吸引力正好提供了地球绕太阳公转的向心力。而按照广义相对论，是因为太阳质量巨大，造成周围空间的弯曲，然后地球是在这个弯曲的空间中运动，即绕日公转。

命题意图：理解广义相对论对引力作用的描述方式与牛顿引力理论的不同之处。

主要素养与水平：模型建构（Ⅲ）；科学论证（Ⅲ）；解释（Ⅲ）；科学本质（Ⅲ）。

9．参考解答：太阳属于小质量恒星，再过 50 亿年，太阳将进入红巨星阶段，最后将形成白矮星。

命题意图：通过太阳了解小质量恒星的演化历史。

主要素养与水平：物质（Ⅲ）；科学推理（Ⅲ）；解释（Ⅲ）。

10．参考解答：按照现代宇宙学理论，首先宇宙是有限的，因此宇宙中的恒星也是有限的。其次，光的传播需要时间，形成较晚、距离较远的恒星的光可能尚未传播到地球。所以悖论不成立。

命题意图：能初步运用现代宇宙学理论来解释奥博斯佯谬。

主要素养与水平：模型建构（Ⅳ）；科学推理（Ⅳ）；科学论证（Ⅳ）；解释（Ⅳ）。