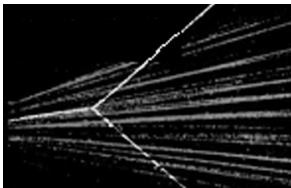
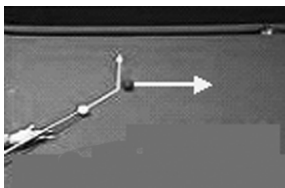


模块整体感悟

《物理选修 3-5》是选修的第五个模块,在本模块的学习中,同学们将比较系统地学习原子、原子核的有关知识,并接触一些重要的物理思想和研究方法.本模块共有四个专题:动量守恒定律、波粒二象性、原子结构和原子核.

第一个专题:动量守恒定律



你打过台球吗?台球的碰撞有什么规律吗?你看,上面的两张图片,一张是打台球时母球和被撞球的运动路线,另一张是一个微观粒子分裂前后的径迹,它们是多么相似啊!在自然界,碰撞到处可见,宇宙中星体间的碰撞惊心动魄,微观粒子的碰撞悄无声息,这些碰撞似乎有天壤之别.然而,物理学的研究表明,它们都遵从相同的科学规律——动量守恒定律.

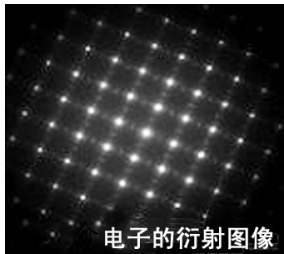
第二个专题:波粒二象性

你相信吗?电磁波有时也像粒子那样相互作用,质子、中子、电子有时也符合波的规律!

19 世纪末 20 世纪初,在人们为物理学理论大厦几乎完美的结构感到自豪的时候,一位年轻的物理学家——普朗克(M. Planck),为了解释当时困惑人们黑体辐射问题,将不连续性引入了物理学,提出了能量子的概念.

正是这样一个“离经叛道”的概念,打开了禁锢人们思想的枷锁.于是,光,这种麦克斯韦电磁理论中的电磁波,爱因斯坦却发现了它的粒子性;质子、中子、电子……这些人们心目中坚不可摧的粒子,在德布罗意的眼中也具有波动性.

通过对这个专题的学习,你将领略神奇的微观世界.



电子的衍射图像

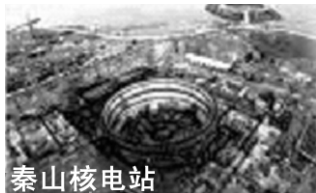
第三个专题:原子结构

在显微镜下,我们可以观察到:皮肤由一个个细胞组成;一杯热牛奶中的悬浮颗粒像蝌蚪一样游动.用更先进的电子显微镜,我们可以看到原子的图像.原子还可以再分吗?它有什么样的结构呢?

在没有先进设备的过去,人们只能借助于实验事实进而靠思维来推测微观粒子的构成,所以,假设和验证是研究原子构成的主要方法. 19 世纪末,汤姆孙(J. J. Thomson)发现了电子,提出了原子的“葡萄干面包模型”,之后,卢瑟福(E. Rutherford)为了验证此模型,用 α 粒子轰击金箔,意外地发现原子具有核式结构. 20 世纪初,尼尔斯·玻尔(N. Bohr)根据原子光谱的现象又提出了定态跃迁原子模型理论. 随着原子现象的发现,人们对原子的认识也在不断地发展进步.

第四个专题:原子核

1896 年的一天,法国科学家贝可勒尔(H. A. Becquerel)偶然发现,铀盐能发出一种未知的新奇射线. 这种射线能透过黑纸,使照相底片感光,留下黑黑的印迹(如图). 放射性的发现使人类找到了打开原子核物理的大门. 你知道人们是怎样发现中子、质子的吗? 质子都带正电,它们之间存在着库仑斥力,你知道它们为什么还能“拥挤”在原子核这样小的空间内吗?



核能的发现是人们探索原子核的一个重大成果,人类通过许多方式利用核能,主要的途径是发电. 如图是我国自行设计建造的秦山核电站,它是一座 30 万千瓦压水堆核电站. 人类在利用核能造福自身的同时,也为可能毁灭人类的核战争及核辐射所困扰. 如何安全利用核能已经成为人类共同关注的重要问题之一.

通过本模块的学习,你将对原子核及核能有更多的了解.

第十六章 动量守恒定律



★ 本章学习导航

先行一步，步步先行



《课标》要求

内容标准	学习要求
物理是一门实验科学，定律的建立及验证都离不开物理实验。紧密联系生活实际，举出一些与动量守恒有关的现象。	理解课本中每一个实验的原理、所用仪器、实验方法、实验数据的记录和处理；动手设计一些与碰撞相关的实验，探索相互作用的物体系在碰撞中动量守恒，体验过程和方法，增强学习的兴趣。
用实验的方法，探究物体碰撞的一些特点。	知道弹性碰撞和非弹性碰撞；能够分析碰撞中的能量损失问题。
通过实验，理解动量定理和动量守恒定律。	知道动量守恒的普遍意义，能够用动量守恒定律定量分析一维碰撞问题；能够推导并理解动量的变化率与牛顿第二定律的关系。
通过学习物理学中的守恒定律，体会自然界的和谐与统一。	理解反冲现象，知道火箭的发射是利用了反冲运动；收集资料，了解中子是怎样发现的，讨论动量守恒定律在其中所起的作用。



学法指导

动量是力学中的重要概念，动量守恒定律是自然界最普遍的规律，也是重要的守恒定律之一。在本章中将学习动量守恒定律、动量定理，知道动量定理与牛顿定律之间的关系。在自然科学中，有许多守恒定律，如质量守恒定律、电荷守恒定律、能量守恒定律，寻找“守恒量”是解决问题的重要手段之一。

碰撞、爆炸是日常生活中常见的现象，用实验方法探索相互作用的物体系满足的物理规律时，先假设质量与速率的比值之和保持不变，如果与实验结果不符，再假设质量与速率的乘积之和、质量与速度的乘积之和、质量与速率的二次方乘积之和等保持不变。在探索过程中，体验研究问题的方法，增强与同组同学之间的协作能力。

动量定理表示力在一段时间内连续作用的累积效应与物体动量变化之间的关系，该定理可以用牛顿运动定律导出。物体动量的变化率等于它所受的力，是牛顿运动定律的另一种表达形式。

动量是矢量,在研究动量守恒定律和动量定理时要强调它的矢量性.用动量守恒定律解决问题时,要明确研究的对象(即相互作用的物体组成的物体系),分清哪些力是内力,哪些力是外力.动量守恒定律成立的条件是系统不受外力或所受外力的矢量和为0.

动量守恒定律可以用牛顿定律推导出来,但牛顿定律并不能代替动量守恒定律.动量守恒定律是一个独立的定律,两个定律在牛顿定律运用范围内是一致的,区别在于适用的范围不同.牛顿定律只适用于宏观物体的低速运动情况,而动量守恒定律适用范围更普遍.不论是低速运动还是高速运动,不论是宏观物体还是微观粒子,不论相互作用是什么性质的,都遵循动量守恒定律.

物体系在相互作用的过程中动量守恒,但动能不一定守恒.动能守恒的叫做弹性碰撞,不守恒的叫做非弹性碰撞.

第一节 实验:探究碰撞中的不变量



板块一 创设问题 引领目标

导入问题,直指学时重点



问题呈现

物理学的任务是发现普遍的自然规律.因为这样的规律的最简单的形式之一表现为某种物理量的不变性,所以对于守恒量的寻求不仅是合理的,而且也是极为重要的研究方向.守恒定律的研究一直是物理学中的一个重要领域,守恒定律的本质也一直是科学家们研究的重要内容.同学们在学习本节内容时,要用心体会:满足什么条件的物理量才是守恒量?为什么要寻找守恒量?寻找守恒量对我们解决实际问题有什么帮助?怎样用探究的方法来寻找守恒量?



材料链接

台球是一项大众喜爱的体育活动.球杆击打主球(白色球),主球再碰撞色球.想让色球被碰后能够进入球袋,就要考虑击球的力度和方向.你认为:

(1)色球被碰后的运动方向跟主球碰前的

运动方向有什么关系?

(2)两球在发生碰撞的过程中会满足什么规律?

(3)碰撞前后不变的量是什么?



板块二 自学思疑 初探问题

尊重认知规律,亲历感悟知识生成



教材导读

问题一

通过实验来探究碰撞中的守恒量,怎样设计实验才能达到实验的目的?

请大家仔细阅读教材“实验的基本思路”标题下的内容,思考并回答下列问题:

1. 本节的教学内容是“探究碰撞中的不变量”,为什么要先研究一维碰撞?什么是一维碰撞?

2. 碰撞前后速度发生了变化,那么除了要测量速度外,还需要测量哪些物理量?

3. 两个物体碰撞前后,哪些物理量可能不变? 猜猜看,并将你猜想的等式写出来.

问题二

你认为在实验中应该测量哪些物理量? 如果你猜想某个物理量是守恒量,怎样验证你的猜想是否正确?

请大家仔细阅读教材“需要考虑的问题”标题下的内容,思考并回答下列问题:

1. 在设计实验时,怎样才能保证两个物体在碰撞前后沿同一直线运动?

2. 物体的质量可以用天平来测量,那么,怎样测量物体在碰撞前后的速度?

3. 根据你的猜想,如何设计记录实验数据的表格?

4. 如果在碰撞后速度的方向反向,该怎么表示?



自主测评

1. 科学家始终在寻求自然界万物运动的规律,其中包括在多变的世界里找出某些_____. 两个物体碰撞前沿同一直线运动,碰撞后仍沿这条直线运动,这种碰撞叫做_____.

2. 在一维碰撞的情况下,设两个物体的质量分别为 m_1 、 m_2 ,碰撞前的速度分别为 v_1 、 v_2 ,碰撞后的速度分别为 v'_1 、 v'_2 . 如果速度方向与我们设定的正方向一致,则取_____ ;如果速度方向与我们设定的正方向相反,则取_____ .

3. 在碰撞前后,如果两个物体各自质量与自己速度的乘积之和保持不变,则关系式应写作_____ ;如果各自的质量与自己速度的二次方的乘积之和保持不变,关系式应写作_____ ;如果各自的速度与自己质量的比值之和保持不变,关系式又应写作_____ .

4. 研究一维碰撞问题,需要测量的物理量有_____ .

5. 在课本“参考案例一”中,测量物体速度的方法是_____ .

6. 在课本“参考案例二”中,测量物体速度的方法是_____ .



疑点归纳

在自主学习探究的过程中,大家有什么困惑和疑问,请记录在问题卡上. 记得在课上或课后要及时解决哦!



板块三 合作互助 共析问题

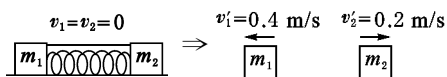
发展创新思维,形成主动探究与合作的意识和能力

问题三

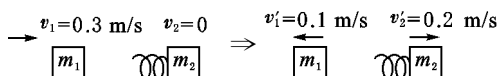
某同学根据“参考案例一”进行实验,并得到三组实验数据.利用下面给出的实验数据,请你通过计算、分析,找出这两个物体碰撞前后的“不变量”.思考:物体碰撞前后,什么物理量守恒呢?

两个物块 $m_1=100\text{ g}$ 、 $m_2=200\text{ g}$,在光滑的水平面上,分三种情况进行碰撞,分别记录了碰撞前后的速度.

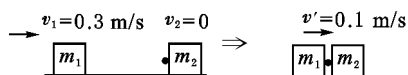
(1)先压紧弹簧,然后烧断细线.



(2)运动的物块 m_1 通过弹簧碰撞物块 m_2 .



(3)运动的物块 m_1 通过橡皮泥与物块 m_2 碰撞.



同学们可以在独立思考的基础上,在小组内讨论.



板块四 展示交流 探究问题

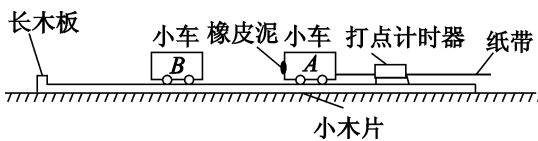
提高分析问题、解决问题的能力,科学答题

问题四

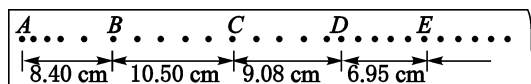
要验证你的猜想是否正确,测量速度是实验成败的关键所在.课本中的三个参考案例实验是怎样解决这个技术难题的? 还有哪些测速度的方法?

问题五

某同学设计了一个用打点计时器“探究碰撞过程中不变量”的实验:在小车 A 的前端粘有橡皮泥,推动小车 A 使之做匀速运动,之后与原来静止在前方的小车 B 相碰并粘合成一体,继续做匀速运动.该同学设计的具体装置如图甲所示.小车 A 后连着纸带,电磁打点计时器电源频率为 50 Hz ,长木板下垫着小木片用以平衡摩擦力.



甲



乙

(1)若已得到的打点纸带如图乙所示,并将测得的各计数点间距离标在图上,A 点是运动起始的第一点,则应选_____段来计算 A 的碰前速度,应选_____段来计算 A 和 B 碰后的共同速度.(填“AB”“BC”“CD”或“DE”)

(2)已测得小车 A 的质量 $m_A=0.40\text{ kg}$,小车 B 的质量 $m_B=0.20\text{ kg}$,由以上测量结果可得:碰前 $m_A v_A + m_B v_B =$ _____ $\text{kg} \cdot \text{m/s}$;碰后 $m_A v'_A + m_B v'_B =$ _____ $\text{kg} \cdot \text{m/s}$.由此得出实验结论:_____.



归纳总结

请你根据对本部分内容的学习和体会,通过“知识结构树”“思维导图”“表格比较”或“学习报告”等方式,将你和你们小组的成果及时记录下来,以便和别的小组进一步交流研讨.



板块五 应用演练 再生新疑

分级设题,精选精练



分层演练

A. 基础巩固

1. (多选)在利用气垫导轨“探究碰撞中的不变量”实验中,下列因素可导致实验误差的是

()

- A. 导轨安放不水平
- B. 小车上挡光板倾斜
- C. 两小车质量不相等
- D. 两小车碰后粘在一起

2. (多选)关于在同一直线上两个物体的碰撞,如果质量与速度乘积之和保持不变,关系式写作 $m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v'_1 + m_2 v'_2$,则下列说法正确的是

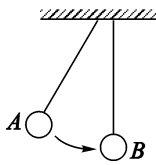
()

- A. 不仅要考虑速度的大小,而且需要考虑速度的方向
- B. 只需要考虑速度的大小,不需要考虑速度的方向
- C. v_1 、 v_2 和 v'_1 、 v'_2 只能取正值,不可取负值
- D. v_1 、 v_2 和 v'_1 、 v'_2 既可取正值,也可取负值

3. (多选)如图所示,用长度相等的两根细绳将质量相等的 A、B 两个小球悬挂起来,让 B 球静止,拉起另一个小球 A,放下时两球发生碰撞. 那么

()

- A. 测出细绳长度、小球 A 被拉起时细



绳与竖直方向的夹角,就可以计算出碰前 A 球的速度

B. 测出细绳长度、碰后两球摆起时细绳与竖直方向的最大夹角,就可以计算出碰后两球的速度

C. 小球上贴胶布,可增大两球碰撞时的能量损失

D. 两球质量必须相等,两根细绳的长度可以不等

4. 质量分别为 0.7 kg 和 1 kg 的甲、乙两个物体,沿同一直线相向运动,甲的速度大小是 6 m/s,乙的速度大小是 3 m/s. 碰后两个物体都沿各自原来的反方向运动,速度大小都是 4 m/s. 通过计算回答下列问题:

(1) 碰撞前后速率之和是否保持不变? 速度之和呢?

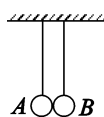
(2) 质量与速度的乘积之和是否保持不变?

(3) 质量与速度二次方的乘积之和是否保持不变?

(4) 质量与速度的比值之和是否保持不变?

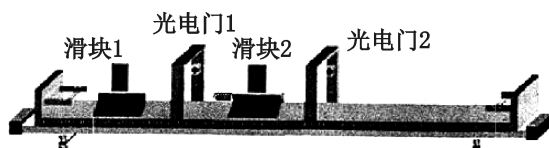
B. 能力提升

5. 某同学为了探究“两小球正碰前后,质量与速度乘积之和是否变化”,用如图所示装置进行实验. 探究,两摆摆长相同,悬挂于同一高度, A、B 两球均很小,质量之比为 1:2. 当两摆均处于自由静止状态时,其侧面刚好接触. 向右上方拉动 B 球使其摆线伸直并与竖直方向成 45° 角,然后将它由静止释放. 结果观察到两摆球粘在一起摆动,且最大摆角为 30° . 若本实验允许的最大误差为 $\pm 4\%$. 通过计算,说明两球在碰撞前后质量与速度的乘积之和是否保



持不变?

6. 某同学利用气垫导轨做“探究碰撞中的不变量”的实验. 气垫导轨装置如图所示, 所用的气垫导轨装置由导轨、滑块、弹射架、光电门等组成.



(1) 下面是实验的主要步骤:

① 安装好气垫导轨, 调节气垫导轨, 使导轨水平;

② 向气垫导轨通入压缩空气;

③ 接通光电计时器;

④ 把滑块 2 静止放在气垫导轨的中间;

⑤ 用滑块 1 挤压导轨左端弹射架上的橡皮绳;

⑥ 释放滑块 1, 滑块 1 通过光电门 1 后与左侧固定有弹簧的滑块 2 碰撞, 碰后滑块 1 和滑块 2 依次通过光电门 2, 两滑块通过光电门后依次被制动;

⑦ 读出滑块 1 通过光电门 1 的挡光时间 $\Delta t_1 = 10.01 \text{ ms}$, 通过光电门 2 的挡光时间 $\Delta t_2 = 49.99 \text{ ms}$, 滑块 2 通过光电门 2 的挡光时间 $\Delta t_3 = 8.35 \text{ ms}$;

⑧ 测出挡光片的宽度 $d = 5 \text{ mm}$, 测得滑块 1 (包括撞针) 的质量为 $m_1 = 300 \text{ g}$, 滑块 2 (包括弹簧) 的质量为 $m_2 = 200 \text{ g}$.

(2) 数据处理与实验结论:

① 实验中气垫导轨的作用是 _____.

② 碰撞前滑块 1 的速度 v_1 为 _____ m/s ; 碰撞后滑块 1 的速度 v_2 为 _____ m/s ; 滑块 2 的速度 v_3 为 _____ m/s . (结果保留 2

位有效数字)

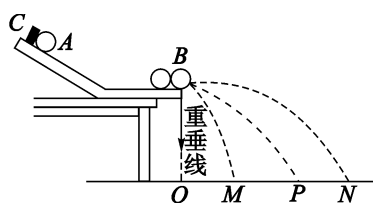
③ 在误差允许的范围内, 通过本实验, 同学们可以探究出哪些物理量是不变的? 通过对实验数据的分析说明理由. (至少回答 2 个不变量)

a. _____;

b. _____.

C. 拓展创新

7. 某同学用半径相同的两个小球 A、B 的碰撞来探究碰撞中的不变量. 实验装置如图所示, 斜槽与水平槽平滑连接. 实验时先不放 B 球, 使 A 球从斜槽上某一固定点 C 由静止滚下, 落到位于水平地面的记录纸上留下痕迹 P. 再把 B 球静置于水平槽前端边缘处, 让 A 球仍从 C 处由静止滚下, A 球和 B 球碰撞后分别落在记录纸上并留下各自的痕迹 M、N. 记录纸上的 O 点是重垂线所指的位置, 若多次测得各落点痕迹到 O 点的距离 OM、OP、ON 的数据如下表, 并已知 A、B 两球的质量之比为 2:1. 根据已知数据, 你认为两球在碰撞过程中不变的物理量是什么? 说明你的理由.



次数	OP/cm	OM/cm	ON/cm
1	8.62	2.86	11.52
2	9.60	3.22	12.76
3	10.26	3.68	13.16
4	12.12	4.08	16.10
5	14.20	4.92	18.56
6	16.32	5.66	21.32



活动探究

在物理学的发展过程中,探寻物理规律是物理学重要的研究方向之一.我们在前面曾经学习过能量守恒定律和电荷守恒定律,以后还会学习更多的守恒定律,请同学们就有关守恒定律的意义、利用守恒定律解决问题的优点写一篇小文章,在班级中和同学们进行交流.



再生新疑

1. 在《必修 1》“实验:探究加速度与力、质量的关系”中,我们研究的科学方法是“控制变量法”,即先保持物体质量不变,研究加速度与合外力的关系;再保持合外力不变,研究加速度与质量的关系.学了本节内容后请

同学们思考:

- (1)本节课研究问题的科学方法是什么?
- (2)这种研究问题的方法在学习哪些知识内容时还出现过?

2. 在学习本节内容时,我们为了寻找“守恒量”,曾经作过哪些猜想?又是怎样来验证猜想的?



★ 科学、技术与社会

科学技术是社会前进的指路明灯,愿你能攀起一盏

对称性和守恒定律

诺贝尔物理学奖获得者劳厄曾经说过一句话“物理学的任务是发现普遍的自然规律.因为这样的规律的最简单的形式之一表现为某种物理量的不变性,所以对于守恒量的寻求不仅是合理的,而且也是极为重要的研究方向”.

关于对称性和守恒定律的研究一直是物理学中的一个重要领域,对称性与守恒定律的本质和它们之间的关系一直是人们研究的重要内容.在经典力学中,从牛顿方程出发,在一定条件下可以导出力学量的守恒定律,粗看起来,守恒定律似乎是运动方程的结果.但从本质上来看,守恒定律比运动方程更为基本,因为它表述了自然界的一些普遍法则,支配着自然界的所有过程,制约着不同领域的运动方程.物理学关于对称性探索的一个重要进展是诺特定理的建立,定理指出,如果运动定律在某一变换下具有不变性,必相应地存在一条守恒定律.简言之,物理定律的一种对称性,对应地存在一条守恒定律.经典物理范围内的对称性和守恒定律相联系的诺特定理后来经过推广,在量子力学范围内也成立.在量子力学和粒子物理学中,又引入了一些新的内部自由度,认识了一些新的抽象空间的对称性以及与之相对应的守恒定律,这就给解决复杂的微观问题带来了好处,尤其现在根据量子体系对称性用群论的方法处理问题,更显优越.

在物理学中,尤其是在理论物理学中,我们所说的对称性指的是体系的拉格朗日量或者哈密顿量在某种变换下的不变性.这些变换一般可分为连续变换、分立变换和对于内禀参量的变换.每一种变换下的不变性,都对应一种守恒律,意味着存在某种不可观测量.例如,时间平移

不变性,对应能量守恒,意味着时间的原点不可观测;空间平移不变性,对应动量守恒,意味着空间的绝对位置不可观测;空间旋转不变性,对应角动量守恒,意味着空间的绝对方向不可观测……在物理学中对称性与守恒定律占据着重要地位,特别是三个普遍的守恒定律——动量、能量、角动量守恒,其重要性是众所周知的,并且在工程技术上也得到广泛的应用.因此,为了对守恒定律的物理实质有较深刻的理解,必须研究体系的时空对称性与守恒定律之间的关系.

第二节 动量和动量定理



板块一 创设问题 引领目标

导入问题,直指学时重点



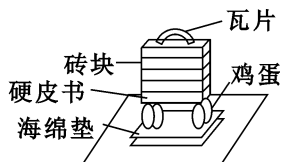
问题呈现

动量定理是力学中的一条重要规律,和牛顿运动定律、动能定理一样,都是解决力与运动之间关系的.在学习本节内容时,同学们一定要用心体会:为什么要引入一个新的概念——动量?物体受到合外力的冲量与动量的变化是什么关系?是否可以从牛顿运动定律和运动学公式推导出动量定理?



材料链接

老师在物理课上做了一个“瓦碎蛋全”的演示实验:在水平桌面上依次向上叠放海绵垫、四颗鸡蛋、硬皮书、四块砖和瓦片,用铁锤迅速砸向瓦片,结果瓦片被砸碎而鸡蛋不破.大家觉得很奇怪,鸡蛋不如瓦片硬度大,为什么鸡蛋不破而瓦片却被砸碎了?



板块二 自学思疑 初探问题

尊重认知规律,亲历感悟知识生成



教材导读

问题一

动量是一个新的物理概念,它的意义是什么?

请大家仔细阅读教材“动量”标题下的内容,思考并回答:

1. 什么是动量?它有方向吗?如果有方向,怎样确定它的方向?

2. 一个物体的速度大小不变,而速度的方向发生变化,那么它的动量是否发生了变化?应该怎样描述动量的变化?在一维问题中,计算动量变化为什么需要规定一个正方向?

3. 计算下列物体的动量和动能, 并比较大小.

(1) 60 kg 的人以 5 m/s 的速度跑步;

(2) 质量为 10 g 的子弹以 800 m/s 的速度飞行.

问题二

我们今天所学习的动量定理, 是描述力和运动量关系的一条规律, 你能从牛顿第二定律推导出动量定理吗?

请大家仔细阅读“动量定理”标题下的内容, 思考并回答:

1. 什么是冲量? 为什么说冲量是力在时间上的积累?

2. 一个物体在动量变化相同的情况下, 受力大小取决于什么?

3. “材料链接”中若将鸡蛋和瓦片的位置互换, 你认为破碎的又会是哪一个是?

4. “材料链接”中, 为什么瓦片碎了, 而鸡蛋却安然无恙?

自主测评

1. _____ 叫做物体的动量, 计算公式 $p = \underline{\hspace{2cm}}$. 动量是矢量, 其方向由物体的 _____ 方向决定.

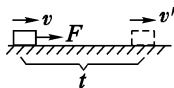
2. _____ 叫做力的冲量. 冲量是 _____ 量, 表示 _____ 的积累效应.

3. 动量定理: 物体在一个过程始末的动量变化量等于它在这个过程中 _____ . 表达式为 _____ .

4. 物体动量的变化率等于 _____ , 这是牛顿第二定律的另一种表述.

5. 有一同学将质量相等的三个小球从同样的高度抛出, A 球水平抛出, B 球竖直向上抛出, C 球竖直向下抛出. 如果三个球抛出时的速率相同, 不计空气阻力, 则从抛出到落地的过程中, _____ 球受到的重力冲量最大; _____ 球的动量变化最大.

6. 如图, 质量为 m 的物体放在光滑的水平面上. 在恒力 F 的作用下, t 时间内物体的速度由 v 变化为 v' . 试用牛顿运动定律推导出动量定理.



疑点归纳

在自主学习探究的过程中, 大家有什么困惑和疑问, 请记录在问题卡上. 记得在课上或课后要及时解决哦!



板块三 合作互助 共析问题

发展创新思维,形成主动探究与合作的意识和能力

问题三

怎样表示物体动量的变化量?

同学们可以在独立思考的基础上,在小组内讨论:

1. 羽毛球是速度较快的球类运动之一,运动员扣杀羽毛球的速度可达到 342 km/h. 假设球飞来时的速度为 90 km/h,运动员将球以 342 km/h 的速度反向击回. 设羽毛球的质量为 5 g,试求:

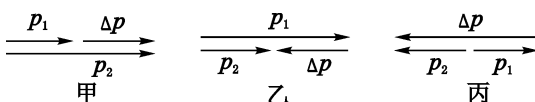
(1) 运动员击球过程中羽毛球的动量变化量;

(2) 在运动员的这次扣杀中,羽毛球的速度变化量和动能变化量.

2. 动量变化量的计算

(1) 同一条直线上动量变化量的计算

先选取正方向,与正方向相同的量为正,与正方向相反的量为负,然后代入公式 $\Delta p = p_2 - p_1$ 计算. 若 Δp 是正值,就说明 Δp 的方向与所选正方向相同;若 Δp 是负值,则说明 Δp 的方向与所选正方向相反.

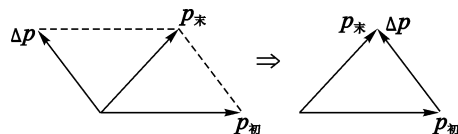


① p_1 、 p_2 同方向且 $p_1 < p_2$ 时, Δp 与 p_1 (或 p_2) 方向相同,如图甲所示.

② p_1 、 p_2 同方向且 $p_2 < p_1$ 时, Δp 与 p_1 (或 p_2) 方向相反,如图乙所示.

③ p_1 、 p_2 方向相反时, Δp 与 p_2 方向相同,如图丙所示.

(2) 当初态动量和末态动量不在一条直线上时,动量变化由平行四边形定则进行计算,如图所示.



板块四 展示交流 探究问题

提高分析问题、解决问题的能力,科学答题

问题四

怎样利用动能定理解决实际问题?

1. (2015 · 重庆) 高空作业须系安全带,如果质量为 m 的高空作业人员不慎跌落,从开始跌落到安全带对人刚产生作用力前人下落的距离为 h (可视为自由落体运动). 此后经历时间 t 安全带达到最大伸长,若在此过程中该作用力始终竖直向上,则该段时间安全带对人的平均作用力大小为 ()

- A. $\frac{m\sqrt{2gh}}{t} + mg$ B. $\frac{m\sqrt{2gh}}{t} - mg$

$$\text{C. } \frac{m\sqrt{gh}}{t} + mg \\ - mg$$

$$\text{D. } \frac{m\sqrt{gh}}{t}$$

2. 高压采煤水枪出水口的截面积 $S = 20 \text{ cm}^2$, 水的喷射速度 $v = 50 \text{ m/s}$, 假设水喷射到煤层上后速度变为 0, 已知水的密度 $\rho = 1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, 求水对煤层的冲击力有多大?

思路点拨: 分析 Δt 时间内射到煤层上的水, 这些水由于受到煤层的作用力而发生动量变化。



归纳总结

请你根据对本部分内容的学习和体会, 通过“知识结构树”“思维导图”“表格比较”或“学习报告”等方式, 将你和你们小组的成果及时记录下来, 以便和别的小组进一步交流研讨。例如:

1. 动量: $p = mv$, 描述物体的运动状态, 矢量, 动量的方向与物体速度的方向相同。

2. 冲量: $I = Ft$, 表示力的作用效果, 即力在时间上的积累, 矢量, 恒力 F 的冲量方向与力 F 的方向相同。

3. 动量定理: 物体的动量变化等于它受到的合力的冲量, 即 $mv_2 - mv_1 = Ft$, 利用动量定理可以分析“因受力而运动状态发生变化”的问题。



板块五 应用演练 再生新疑

分级设题, 精选精练



分层演练

A. 基础巩固

1. 跳远时, 跳在沙坑里比跳在水泥地上安全, 这是由于 ()

- A. 人跳在沙坑里的动量比跳在水泥地上的小
- B. 人跳在沙坑里的动量变化比跳在水泥地上的小
- C. 人跳在沙坑里受到的冲量比跳在水泥地上的小
- D. 人跳在沙坑里受到的冲力比跳在水泥地上的小

2. (2018 · 全国 II) 高空坠物极易对行人造成伤害。若一个 50 g 的鸡蛋从一居民楼的 25 层坠下, 与地面的撞击时间约为 2 ms, 则该鸡蛋对地面产生的冲击力约为 ()

- A. 10 N
- B. 10^2 N
- C. 10^3 N
- D. 10^4 N

3. (多选) 将物体以一定的速度水平抛出, 不计空气阻力, 则 ()

- A. 在相等时间内动能变化相等
- B. 在相等时间内动量变化相等
- C. 动能变化率越来越大
- D. 动量变化率越来越小

B. 能力提升

4. 两物体质量分别为 m_1 、 m_2 , 且 $m_1 > m_2$, 现给它们以相同的初动量, 使它们在同一水平面上分别沿直线滑行, 最后两物体都停止在水平面上。设它们与水平面间的动摩擦因数相同, 则 ()

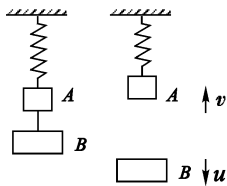
- A. 两物体在水平面上滑行的时间相等
- B. m_1 的滑行时间小于 m_2 的滑行时间
- C. m_1 的滑行时间大于 m_2 的滑行时间
- D. 两物体在水平面上的滑行距离相等

5. (多选) 一粒钢珠从静止状态开始自由下落, 然后陷入泥潭中。若把钢珠在空中自由

下落的过程称为Ⅰ,进入泥潭直到停止的过程称为Ⅱ,则 ()

- A. 过程Ⅰ中钢珠动量的改变量等于重力的冲量
- B. 过程Ⅱ中阻力冲量的大小等于过程Ⅰ中重力冲量的大小
- C. 过程Ⅱ中阻力冲量的大小等于过程Ⅰ和过程Ⅱ中重力冲量的大小之和
- D. 过程Ⅰ和过程Ⅱ中钢珠动量的改变量等于过程Ⅱ中阻力的冲量

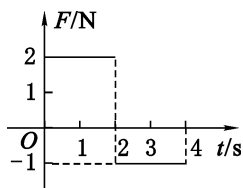
6. 物体 A 和 B 用轻绳悬挂在轻弹簧下静止不动,如图所示, A 的质量为 m , B 的质量为 M . 若连接 A、B 的绳突然断开后,物体 A 上升经某一位置的速度大小为 v ,这时物体 B 下落的速度大小为 u ,则在这段时间里弹簧弹力对物体 A 的冲量为 ()



- A. mv
- B. $mv - Mu$
- C. $mv + Mu$
- D. $mv + mu$

C. 拓展创新

7. (2017 · 全国Ⅲ)(多选)一质量为 2 kg 的物块在合外力 F 的作用下从静止开始沿直线运动, F 随时间 t 变化的图线如图所示,则 ()



- A. $t=1$ s 时物块的速率为 1 m/s
- B. $t=2$ s 时物块的动量大小为 4 kg · m/s
- C. $t=3$ s 时物块的动量大小为 5 kg · m/s
- D. $t=4$ s 时物块的速度为 0

8. 某消防队员从一平台上跳下,下落了 2.45 m 后双脚触地,接着他用双腿弯曲的方法缓冲,使自身的重心又下降了 0.35 m. 在他着地的过程中,地面对他双脚的平均作用

力大约是他自身重力的多少倍?(取 $g = 10 \text{ m/s}^2$)

9. 为估算池中睡莲叶面承受雨滴撞击产生的平均压强,小明在雨天将一圆柱形水杯置于露台,测得 1 h 内杯中水位上升了 45 mm. 查询得知,当时雨滴竖直下落的速度约为 12 m/s. 据此估算该压强约为(设雨滴撞击睡莲后无反弹,不计雨滴重力,雨水的密度为 $1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$) ()

- A. 0.15 Pa
- B. 0.54 Pa
- C. 1.5 Pa
- D. 5.4 Pa

10. (2016 · 全国Ⅰ)某游乐园入口旁有一喷泉,喷出的水柱将一质量为 M 的卡通玩具稳定地悬停在空中. 为计算方便起见,假设水柱从横截面积为 S 的喷口持续以速度 v_0 竖直向上喷出;玩具底部为平板(面积略大于 S);水柱冲击到玩具底板后,在竖直方向水的速度变为 0,在水平方向朝四周均匀散开. 忽略空气阻力,已知水的密度为 ρ ,重力加速度大小为 g . 求:

- (1) 喷泉单位时间内喷出的水的质量;
- (2) 玩具在空中悬停时,其底面相对于喷口的高度.



再生新疑

1. 汽车的安全性能是当今衡量汽车品质的重要指标,也是未来汽车发展的三大主题之一. 当汽车发生碰撞时,乘员前方的气囊迅速爆开,可以减轻对人体的伤害. 说说它包

含的物理知识.

(1)在动量变化相同的情况下,为什么增大相互作用的时间可以减小作用力?

(2)日常生活中,经常会提到一个词——缓冲,它是什么意思?

2. 易碎物品运输时要用柔软材料包装,比如在搬运玻璃器皿的箱内放一些纸屑、刨花、泡沫塑料等,这是为什么?



★ 科学、技术与社会

科学技术是社会前进的指路明灯,愿你也能擎起一盏

机械运动中动量和动能的区别

动量这个概念是由笛卡儿和牛顿先后提出的,并且笛卡儿明确地把物体的质量和速度的乘积作为物体“运动量”的量度.在历史上由于他们的影响,在17世纪40年代至80年代,科学界普遍承认 mv 是机械运动唯一的量度.

在同一时期内,由于惠更斯对完全弹性碰撞的研究,得出了“各个质量和各自速度的平方乘积之和在碰撞前后不变”的结论.

1686年,德国数学家莱布尼兹通过对落体运动的分析,认为物体的质量和速度平方的乘积才是机械运动的真正量度,从而与笛卡儿的主张展开了争论.

关于两种运动量度的争论,持续了近二百年,许多著名的数理学家都参与到争论中.后来随着力学本身的发展,人们对这两种量度有了更清楚的认识.

牛顿第二定律 $F=ma$ 表现的只是改变运动的原因(力)和结果(动量变化)之间的瞬时关系,如果考察力在一段时间内的积累效应,则可由上式得出

$$F=ma=m\frac{v_2-v_1}{t},$$

$$\therefore Ft=m(v_2-v_1)=mv_2-mv_1.$$

这就是动量定理:在一段时间内物体动量的变化等于物体在同一时间内所受外力的冲量.

如果要根据物体在力的作用下所通过的距离来考察力的作用效果,即力的空间积累效应,则可得

$$F=ma=m\frac{v_2^2-v_1^2}{2x},$$

$$\therefore Fx=\frac{1}{2}mv_2^2-\frac{1}{2}mv_1^2.$$

这就是动能定理:物体动能的增加,等于外力对物体所做的功.

所以,在力学中动量的变化表现为力的时间积累效应,动量的变化与外力的冲量相等;动能的变化表现为力的空间积累效应,动能的变化与外力做的功相等.动量是与冲量密切联系着的,动量决定物体反抗阻力能够移动多久;动能是与功密切联系着的,动能决定物体反抗阻力能够移动多远.

第三节 动量守恒定律



板块一 创设问题 引领目标

导入问题,直指学时重点



问题呈现

动量守恒定律是物理学中一条重要的规律,不仅适用于低速宏观物体系,也适用于高速微观物体系.学习本节内容时,同学们要用心体会:研究对象为什么是几个物体组成的系统而不是单个物体?为什么要明确哪些力是系统的内力,哪些力是外力?作用前和作用后,系统的总动量满足什么关系?

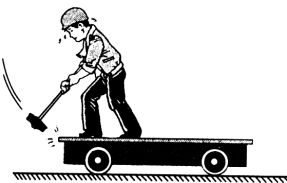


材料链接

1. 如图所示,两个滑冰运动员开始时静止在滑冰场上,无论谁推谁一下,两人都会向相反方向滑去.那么,在相等的时间内,两人向后滑行的距离一定相等吗?如果两人质量不等,哪一个滑行的距离远?



2. 如图所示,当你站在一辆平板车上,用锤子敲打平板车,是否能让原来静止的平板车持续向右运动?如果不能,是因为锤子打击的力量不够大吗?亲自尝试一下,并解释其原因.



板块二 自学思疑 初探问题

尊重认知规律,亲历感悟知识生成



教材导读

问题一

研究物理问题时,首先要确定被研究的对象.你认为本节中,研究的对象是什么?为什么要分析内力和外力?

请大家仔细阅读教材“系统 内力和外力”标题下的内容,思考并回答下列问题:

1. 在“材料链接”1中,所研究的系统是什么?

2. 哪些力是内力? 哪些力是外力?

问题二

我们今天所学习的动量守恒定律,是力学中一条重要的物理规律.动量守恒定律的物理意义是什么?

请大家仔细阅读“动量守恒定律”标题下的内容,思考并回答:

1. 动量守恒定律成立的条件是什么?

2. 为什么内力不会改变系统的总动量, 而外力会改变?

3. 你能从已有的知识推导出动量守恒定律吗?

自主测评

1. _____ 的几个物体组成的 _____ 通常称为系统.

2. 一个系统 _____ 或者 _____ 时, 则这个系统的总动量 _____. 这个结论叫做动量守恒定律.

3. 下列情形中, 哪些过程动量守恒? 说明理由.

(1) 子弹射穿静止在光滑水平面上木块的过程中, 子弹和木块的总动量.

(2) 乒乓球运动员将水平飞来的乒乓球反向击出, 球拍和乒乓球的总动量.

(3) 棒击垒球的过程中, 棒和垒球的总动量(设打击时间极短).

4. 汽车拉着拖车在平直公路上匀速行驶, 突然拖车与汽车脱钩, 而汽车的牵引力保持不变, 各自受的阻力也不变. 从脱钩后到拖车停止前进的过程中, 你认为汽车和拖车的总动量是否会发生变化? 为什么?



疑点归纳

在自主学习探究的过程中, 大家有什么困惑和疑问, 请记录在问题卡上. 记得在课上或课后要及时解决哦!



板块三 合作互助 共析问题

发展创新思维, 形成主动探究与合作的意识和能力

问题三

利用动量守恒定律解决一维碰撞问题时, 为什么要规定一个正方向?

同学们可以在独立思考的基础上, 在小组内讨论:

1. 在选择正方向后, 作用前的总动量和作用后的总动量怎么表示?

2. 如果计算结果是负值, 表明与所规定的正方向相同, 还是相反?



板块四 展示交流 探究问题

提高分析问题、解决问题的能力,科学答题

问题四

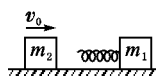
解决力学问题时,常常既可以利用牛顿运动定律,也可以用动量守恒定律.如果相互作用的两个物体之间的力是变力,在现有知识的情况下还能用牛顿运动定律解决吗?能用动量守恒定律解决吗?哪个适用范围更广?解题的步骤一样吗?

问题五

1. 在光滑的水平地面上,静止着一个带有轻弹簧的木块 m_1 , $m_1 = 4 \text{ kg}$; 以 $v_0 = 3 \text{ m/s}$ 的速度朝着 m_1 运动的木块 $m_2 = 2 \text{ kg}$, 如图所示. 两木块碰撞后, 求:

(1) 弹簧被压缩到最短时(即 m_1 、 m_2 的速度相同时), 两木块的共同速度为多大?

(2) 此时, 弹簧的弹性势能为多大?



2. (2013 · 山东) 如图所示, 光滑水平轨道上放置长木板 A (上表面粗糙) 和滑块 C, 滑块 B 置于 A 的左端, 三者质量分别为 m_A

$= 2 \text{ kg}$ 、 $m_B = 1 \text{ kg}$ 、 $m_C = 2 \text{ kg}$. 开始时 C 静止, A、B 一起以 $v_0 = 5 \text{ m/s}$ 的速度匀速向右运动, A 与 C 发生碰撞(时间极短)后 C 向右运动, 经过一段时间, A、B 再次达到共同速度一起向右运动, 且恰好不再与 C 碰撞. 求 A 与 C 发生碰撞后瞬间 A 的速度大小.



归纳总结

请你根据对本部分内容的学习和体会, 通过“知识结构树”“思维导图”“表格比较”或“学习报告”等方式, 将你和你们小组的成果及时记录下来, 以便和别的小组进一步交流研讨.



板块五 应用演练 再生新疑

分级设题, 精选精练

分层演练

A. 基础巩固

1. 在光滑的水平面上, 质量为 60 kg 的小车与车上 40 kg 的人以共同速度 2 m/s 向右运动, 如果人以相对于地面 5 m/s 的速度

向前(水平)跳出小车,则小车的速度为

()

- A. 2 m/s,方向向右
- B. 2 m/s,方向向左
- C. 5 m/s,方向向左
- D. 0

2. 两球在光滑水平面上沿同一条直线相向运动,发生正碰后两球都静止下来,于是可以肯定两球在碰撞前一定

()

- A. 具有相同的质量
- B. 具有相同的速度
- C. 具有相同的动能
- D. 具有等大反向的动量

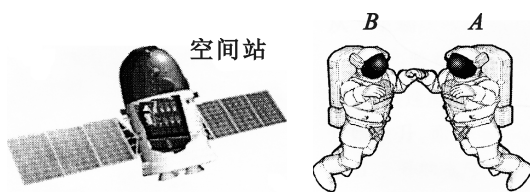
3. 质量相同的三个小球 A、B、C 在光滑的水平面上以相同的速率运动,它们分别与三个原来静止的小球 a、b、c 相碰(A 碰 a, B 碰 b, C 碰 c). 碰后, A 球继续向前运动, B 球静止不动, C 球被弹回而反向运动,这时 a、b、c 三球中动量最大的是

()

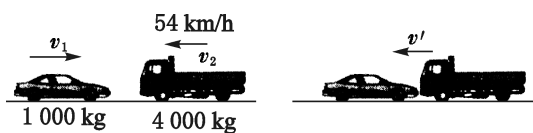
- A. a 球
- B. b 球
- C. c 球
- D. 无法判断

4. (2017·江苏)甲、乙两运动员做花样滑冰表演,沿同一直线相向运动,速度大小都是 1 m/s,甲、乙相遇时用力推对方,此后都沿各自原方向的反方向运动,速度大小分别为 1 m/s 和 2 m/s. 求甲、乙两运动员的质量之比.

5. (2013·江苏)如图所示,进行太空行走的宇航员 A 和 B 的质量分别为 80 kg 和 100 kg,他们携手远离空间站,相对空间站的速度为 0.1 m/s. A 将 B 向空间站方向轻推后, A 的速度变为 0.2 m/s,求此时 B 的速度大小和方向.



6. 质量为 1 000 kg 的轿车与质量为 4 000 kg 的货车迎面相撞,碰撞后两车绞在一起,并沿着货车行驶的方向运动了一段路程,如图. 从事故现场测出:两车相撞前,货车的行驶速度为 54 km/h,碰撞后,两车的共同速度为 18 km/h. 已知这段公路对轿车限速为 100 km/h. 试通过计算判断轿车是否超速.



B. 能力提升

7. 在光滑的水平面上有两个静止的小车,车上各站着一名运动员,两车(包含负载)的总质量均为 M . 设甲车上的运动员接到一个质量为 m 、沿水平方向抛来的速率为 v 的篮球,乙车上的运动员把原来在车上的同样的篮球沿水平方向以相同速率 v 抛出. 在这两种情况下,甲、乙两车所获得的速率大小的关系是(以上速率都是相对地面而言的)

()

- A. $v_{\text{甲}} > v_{\text{乙}}$
- B. $v_{\text{甲}} < v_{\text{乙}}$
- C. $v_{\text{甲}} = v_{\text{乙}}$

D. 视 M 、 m 和 v 的大小而定

8. 半圆形光滑轨道固定在水平地面上, 其轨道平面与地面垂直, 物体 m_1 、 m_2 同时由轨道左、右两端的最高点释放, 两者碰后粘在一起运动, 最高能上升到轨道的 M 点, 如图所示. 已知 OM 与竖直方向的夹角为 60° , 则两物体的质量之比 $m_1:m_2$ 为 ()

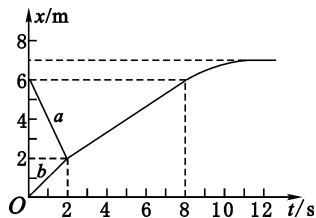
- A. $(\sqrt{2}+1):(\sqrt{2}-1)$ B. $\sqrt{2}:1$
C. $(\sqrt{2}-1):(\sqrt{2}+1)$ D. $1:\sqrt{2}$

C. 拓展创新

9. 如图所示, 在光滑的水平面上有两块并排放置的木块 A 与 B , 已知 A 的质量是 500 g , B 的质量是 300 g . 有一质量为 80 g 的小铜块 C (可视为质点) 以 25 m/s 的水平初速度开始在 A 的表面滑动, 铜块最后停在 B 上, B 与 C 一起以 2.5 m/s 的速度共同前进. 求:

- (1) 木块 A 最后的速度 v_A' ;
(2) C 离开 A 时的速度 v_C' .

10. (2015·全国 II) 滑块 a 、 b 沿水平面上同一条直线发生碰撞, 碰撞后两者粘在一起运动; 经过一段时间后, 从光滑路段进入粗糙路段. 两者的位置 x 随时间 t 变化的图象如图所示. 求:



- (1) 滑块 a 、 b 的质量之比;

(2) 整个运动过程中, 两滑块克服摩擦力做的功与因碰撞而损失的机械能之比.



再生新疑

1. 机械能守恒定律和动量守恒定律都是物理学中主要的规律, 这两个定律有什么不同之处?

- (1) 两个定律研究的对象有何不同?
(2) 两个定律成立的条件有何不同?
(3) 两个定律的表达式有何不同?

2. 如图所示, 木块 B 与水平桌面间的接触是光滑的, 子弹 A 沿水平方向射入木块后留在木块内, 并将弹簧压缩到最短. 回答下列问题:

(1) 把子弹和木块看做一个系统, 从子弹开始射入木块到它们相对静止的过程中, 动量是否守恒?

(2) 如果把子弹、木块和弹簧合在一起作为研究的系统, 从子弹开始射入木块到弹簧压缩到最短的整个过程中, 动量是否守恒? 为什么?



★ 科学、技术与社会

科学技术是社会前进的指路明灯,愿你也能擎起一盏

动量守恒定律的适用范围比牛顿运动定律更广

近代的科学实验和理论分析都表明:在自然界中,大到天体的相互作用,小到质子、中子等基本粒子间的相互作用都遵循动量守恒定律.

在天文学中发现过这样一种现象:在太空的某个地方有时会突然发出非常明亮的光,这就是超新星.可是它很快就暗淡下来,经过几十个昼夜亮度就会减弱一半.光要从这样一颗超新星出发到达地球需要几百万年,而相比之下超新星从发光到熄灭的时间就显得太短了,在光到达我们这里以前,超新星早已烧光了.

当光从超新星到达地球时,它给地球一个轻微的推动,而与此同时地球却无法给超新星一个轻微推动,因为它已消失了,因此,如果我们想象一下超新星与地球之间的相互作用力,在同一瞬间也就不是什么大小相等,方向相反了.此时,牛顿第三定律显然已不适用了.

虽然如此,动量守恒定律还是适用的.不过,我们必须把光也考虑在内.当超新星发射光时,星体反冲,得到动量,同时光也带走了大小相等、方向相反的动量.经过几百万年光到达地球时,光把它的动量给了地球.这里要注意的是:动量不仅可以为实物所携带,而且可以以辐射的方式传递.当我们考虑到这点时,动量守恒定律还是适用的.

第四节 碰 撞



板块一 创设问题 引领目标

导入问题,直指学时重点



问题呈现

碰撞是日常生活中常见的一种现象,研究碰撞过程中能量的变化对深入理解物理规律有着重要的意义.学习本节内容时,同学们要用心体会:内力不会改变系统的总动量,但为什么会改变系统的总动能?在碰撞过程中能量是怎样发生转化的?



材料链接

相信很多同学都玩过这样的小游戏:将几个钢球用细绳悬挂起来,静止时它们刚好接触且在同一水平线上.现在把左边的第一

个小球拉起一定高度后释放,它到达最低点时与第二个小球发生碰撞.连续的碰撞之后,只有最右边的小球向上摆到同样的高度,其余小球均静止.



(1)仅仅用动量守恒定律能解释以上现象吗?

(2)你认为是否还应该有一个物理量守恒?如果有,可能是什么?



板块二 自学思疑 初探问题

尊重认知规律,亲历感悟知识生成



教材导读

问题一

两个物体在碰撞过程中,系统的机械能会发生变化吗?

请大家仔细阅读教材“弹性碰撞和非弹性碰撞”标题下的内容,思考并回答下列问题:

❀ 1. 碰撞过程中,系统的总机械能一定保持不变吗? 会增加吗?

❀ 2. 什么是“弹性碰撞”? 满足什么条件的碰撞才能叫做“弹性碰撞”?

❀ 3. 什么是“非弹性碰撞”? 为什么会在碰撞中损失机械能?

问题二

如果在碰撞前、碰撞后速度不在同一条直线上,动量守恒定律还成立吗?

请大家仔细阅读教材“对心碰撞和非对心碰撞”标题下的内容,思考并回答下列问题:

❀ 1. 什么是对心碰撞? 什么是非对心碰撞? 哪一种属于一维碰撞?

❀ 2. 物体在非对心碰撞的过程中,动量守恒吗? 怎样列方程?

请大家仔细阅读教材“散射”标题下的内容,思考并回答下列问题:

❀ 3. 什么是散射? 为什么大多数粒子在散射后飞向四面八方?



自主测评

1. 如果碰撞过程中,除了满足动量守恒外,还满足_____守恒,这样的碰撞叫做弹性碰撞.

2. 如果碰撞过程中机械能不守恒,这样的碰撞叫做_____.

3. 两个钢球之间的碰撞可看做是_____碰撞,两个橡皮泥球之间的碰撞可看做是_____碰撞.

4. 碰撞之前两个小球的速度与两球心连线在同一条直线上,碰撞之后两球的速度仍沿这条直线,这种碰撞叫_____,也叫对心碰撞.

5. 属于一维碰撞的是_____ (填“对心碰撞”或“非对心碰撞”).

6. 非对心碰撞_____ (填“是”或“不是”)一维碰撞,但仍然满足动量守恒定律.

7. 1932 年,利用动量守恒定律发现中子的物理学家是_____.



疑点归纳

在自主学习探究的过程中,大家有什么困惑和疑问,请记录在问题卡上. 记得在课上或课后要及时解决哦!



板块三 合作互助 共析问题

发展创新思维,形成主动探究与合作的意识和能力

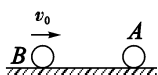
问题三

如何从动量和能量的角度分析弹性碰撞的典型实例?

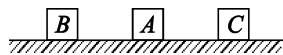
同学们可以在独立思考的基础上,在小组内讨论:

如图,质量为 m_1 的弹性小球 A 静止在光滑的水平地面上,质量为 m_2 、速度为 v_0 的弹性小球 B 与 A 发生弹性正碰. 试求碰撞后 A、B 两球的速度. 分为以下几种情况进行讨论:

- ① $m_1 = m_2$ 时;
- ② $m_1 > m_2$ 时;
- ③ $m_1 < m_2$ 时.



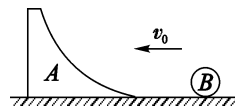
1. (2015 · 全国 I) 如图,在足够长的光滑水平面上,物体 A、B、C 位于同一直线上, A 位于 B、C 之间, A 的质量为 m , B、C 的质量都为 M ,三者均处于静止状态. 现使 A 以某一速度向右运动,求 m 和 M 之间应满足什么条件,才能使 A 只与 B、C 各发生一次碰撞. 设物体间的碰撞都是弹性的.



思路点拨: 注意弹性碰撞中满足动量守恒和机械能守恒. 分析时要注意要使 A 与 B 发生碰撞,需要满足 A 与 C 碰后能返回;又要求不发生第二次碰撞,需要满足 A 与 B 碰后的速度不能大于 C 的速度.



2. 如图所示,木块 A 的右侧为光滑曲面(曲面足够长),且下端极薄,其质量为 2.0 kg ,静止于光滑水平面上. 一质量为 2.0 kg 的小球 B 以 2.0 m/s 的速度从右向左运动冲上 A 的曲面,与 A 发生相互作用. 重力加速度 $g = 10 \text{ m/s}^2$.



(1) B 球沿 A 曲面上升到最大高度处的速度是

()

- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| A. 0 | B. 1.0 m/s |
| C. 0.71 m/s | D. 0.50 m/s |



板块四 展示交流 探究问题

提高分析问题、解决问题的能力,科学答题

问题四

请同学们在小组内讨论、交流并解答下列问题,之后在全班展示.

(2) B 球沿 A 曲面上升的最大高度是

()

A. 0.40 m B. 0.20 m

C. 0.10 m D. 0.05 m

(3) B 球与 A 曲面相互作用结束后, B 球的速度是

()

A. 0 B. 1.0 m/s

C. 0.71 m/s D. 0.50 m/s

思路点拨: (1) B 沿 A 上升到最大高度处, B 的速度沿什么方向, A 和 B 的速度具有怎样的关系?

(2) A 和 B 相互作用的过程中, 二者组成的系统动量守恒吗? 机械能守恒吗?



归纳总结

请你根据对本部分内容的学习和体会, 通过“知识结构树”“思维导图”“表格比较”或“学习报告”等方式, 将你和你们小组的成果及时记录下来, 以便和别的小组进一步交流研讨. 例如:

1. 弹性碰撞和非弹性碰撞:

在弹性碰撞中, 物体的形变能够完全恢复. 碰撞前后, 物体的 _____ 守恒, 动能 _____.

在非弹性碰撞中, 物体的形变不能够完全恢复, 损失了部分机械能. 碰撞前后, 物体的动量 _____, 动能 _____.

2. 物体 m_1 以速度 v_1 与另一个静止的物体 m_2 发生弹性正碰后, m_1 的速度变为 v'_1 ,

m_2 的速度变为 v'_2 , 那么:

$v'_1 =$ _____;

$v'_2 =$ _____.



板块五 应用演练 再生新疑

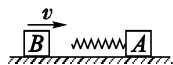
分级设题, 精选精练



分层演练

A. 基础巩固

1. 如图所示, 物体 A 静止在光滑的水平面上, A 的左边固定有轻质弹簧, 与 A 质量相等的物体 B 以速度 v 向 A 运动并与弹簧发生碰撞, A 、 B 始终沿同一直线运动, 则 A 、 B 组成的系统动能损失最大的时刻是 ()



A. A 开始运动时

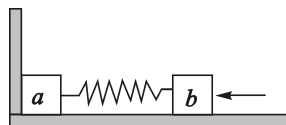
B. A 的速度等于 v 时

C. B 的速度等于 0 时

D. A 和 B 的速度相等时

2. (多选) 如

图所示, 木块 a 和 b 用一根轻弹簧连接起来, 放在光滑



的水平面上, a 紧靠在墙壁上. 在 b 上施加向左的水平力使弹簧压缩, 当撤去外力后, 下列说法正确的是 ()

A. a 尚未离开墙壁前, a 和 b 组成的系统动量守恒

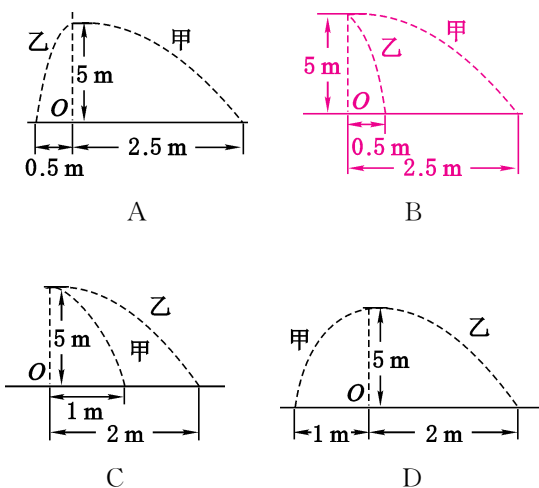
B. a 尚未离开墙壁前, a 、 b 和弹簧组成的系统机械能守恒

C. a 离开墙壁后, a 和 b 组成的系统动量守恒

D. a 离开墙壁后, a 和 b 组成的系统动量不守恒

3. (2014·重庆) 一弹丸在飞行到距离地面 5 m 高时仅有水平速度 $v=2$ m/s, 爆炸成为甲、乙两块弹片水平飞出, 甲、乙的质量比

为 3 m/s 。不计质量损失,取重力加速度 $g = 10\text{ m/s}^2$,则下列图中两块弹片飞行的轨迹可能正确的是 ()

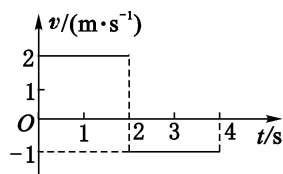


B. 能力提升

4. 在光滑的水平地面上有两个相同的弹性小球 A、B,质量都是 m 。现使 B 球静止, A 球向 B 球运动发生正碰。已知碰撞过程中总机械能守恒,两球压缩最紧时的弹性势能为 E_p ,则碰撞前 A 球的速度等于 ()

- A. $\sqrt{\frac{E_p}{m}}$ B. $2\sqrt{\frac{E_p}{m}}$
C. $\sqrt{\frac{2E_p}{m}}$ D. $2\sqrt{\frac{2E_p}{m}}$

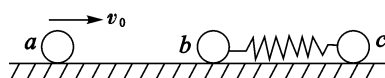
5. 在光滑的水平面上有两个在同一直线上相向运动的小球,其中甲球的质量 $m_1 = 4\text{ kg}$,乙球的质量 $m_2 = 1\text{ kg}$,规定向左为正方向,碰撞前后甲球的 $v-t$ 图象如图所示。已知两球发生正碰后粘在一起,则碰前乙球速度的大小和方向分别为 ()



- A. 3 m/s ,向右 B. 3 m/s ,向左
C. 13 m/s ,向左 D. 13 m/s ,向右

6. (多选)如图所示,三小球 a、b、c 的质

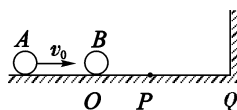
量都是 m ,放置于光滑的水平面上,小球 b、c 与轻弹簧相连且静止。小球 a 以速度 v_0 冲向小球 b,碰后与小球 b 粘在一起运动。在整个运动过程中,下列说法正确的是 ()



- A. 三球与弹簧组成的系统总动量守恒,总机械能不守恒
B. 三球与弹簧组成的系统总动量守恒,总机械能也守恒
C. 当小球 b、c 速度相等时,弹簧弹性势能最大
D. 当弹簧恢复原长时,小球 c 的动能一定最大,小球 b 的动能一定不为 0

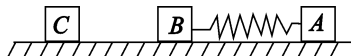
C. 拓展创新

7. 在光滑的水平面上,质量为 m_1 的小球 A 以速率 v_0 向右运动。在小球 A 的前方 O 点处有一质量为 m_2 的小球 B 处于静止状态,如图所示。小球 A 与小球 B 发生正碰后均向右运动。小球 B 被在 Q 点处的墙壁弹回后与小球 A 在 P 点相遇,已知 $PQ = 1.5OP$ 。假设小球间的碰撞及小球与墙壁之间的碰撞都是弹性的,求两小球的质量之比 $\frac{m_1}{m_2}$ 。



8. 如图所示,光滑水平面上有 A、B、C 三个物块,其质量分别为 $m_A = 2\text{ kg}$, $m_B = 1\text{ kg}$, $m_C = 1\text{ kg}$ 。现用一轻弹簧将 A、B 两物块连接,并用力缓慢压缩弹簧使 A、B 两物块靠近,此过程外力做功 $W = 108\text{ J}$ (弹簧仍处于

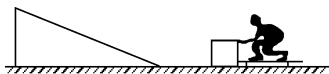
弹性限度内),然后同时释放 A 、 B ,弹簧开始逐渐变长,当弹簧刚好恢复原长时, C 恰以 4 m/s 的速度迎面与 B 发生碰撞并粘连在一起.求:



(1)弹簧刚好恢复原长时(B 与 C 碰撞前), A 物块和 B 物块速度的大小;

(2)当弹簧第二次被压缩到最短时,弹簧具有的弹性势能.

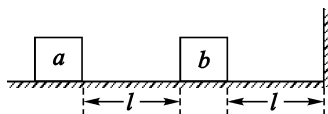
9. (2016 · 全国 II) 如图所示,光滑冰面上静止放置一表面光滑的斜面体,斜面体右侧一蹲在滑板上的小孩和其面前的冰块均静止于冰面上.某时刻小孩将冰块以相对冰面 3 m/s 的速度向斜面体推出,冰块平滑地滑上斜面体,在斜面体上上升的最大高度为 $h=0.3\text{ m}$ (h 小于斜面体的高度).已知小孩与滑板的总质量为 $m_1=30\text{ kg}$,冰块的质量为 $m_2=10\text{ kg}$,小孩与滑板始终无相对运动.取重力加速度的大小 $g=10\text{ m/s}^2$.



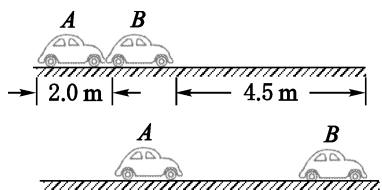
(1)求斜面体的质量;

(2)通过计算判断,冰块与斜面体分离后能否追上小孩?

10. (2016 · 全国 III) 如图所示,水平地面上有两个静止的小物块 a 和 b ,其连线与墙垂直; a 和 b 相距 l , b 与墙之间也相距 l ; a 的质量为 m , b 的质量为 $\frac{3}{4}m$.两物块与地面间的动摩擦因数相同.现使 a 以初速度 v_0 向右滑动,此后 a 与 b 发生弹性碰撞,但 b 没有与墙发生碰撞.重力加速度大小为 g ,求物块与地面间的动摩擦因数满足的条件.



11. (2018·全国Ⅱ) 汽车 A 在水平冰雪路面上行驶, 驾驶员发现其正前方停有汽车 B, 立即采取制动措施, 但仍然撞上了汽车 B. 两车碰撞时和两车都完全停止后的位置如图所示, 碰撞后 B 车向前滑动了 4.5 m, A 车向前滑动了 2.0 m. 已知 A 和 B 的质量分别为 $2.0 \times 10^3 \text{ kg}$ 和 $1.5 \times 10^3 \text{ kg}$, 两车与该冰雪路面间的动摩擦因数均为 0.10, 两车碰撞时间极短, 在碰撞后车轮均没有滚动, 重力加速度大小 $g = 10 \text{ m/s}^2$. 求:



- (1) 碰撞后的瞬间 B 车速度的大小;
- (2) 碰撞前的瞬间 A 车速度的大小.

能之和也为 E , 且均沿竖直方向运动. 爆炸时间极短, 重力加速度大小为 g , 不计空气阻力和火药的质量. 求:

- (1) 烟花弹从地面开始上升到弹中火药爆炸所经过的时间;
- (2) 爆炸后烟花弹向上运动的部分距地面的最大高度.



再生新疑

1. 我们在《必修 2》中学习了机械能守恒定律, 其研究对象往往是一个物体. 但是, 对于相互作用的几个物体组成的一个系统, 请同学们思考:

- (1) 内力不会改变系统的总动量, 为什么会改变系统的总动能?
- (2) 从能量守恒的角度分析, 如果“碰撞”后系统的总动能减少了, 转化成了什么能?

2. 在学习本节内容时, 所提到的“散射”是“对心碰撞”吗?

12. (2018·全国Ⅰ) 一质量为 m 的烟花弹获得动能 E 后, 从地面竖直升空. 当烟花弹上升的速度为 0 时, 弹中火药爆炸将烟花弹炸为质量相等的两部分, 两部分获得的动

第五节 反冲运动 火箭



板块一 创设问题 引领目标

导入问题,直指学时重点



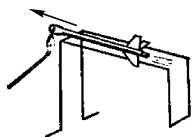
问题呈现

反冲是我们常见的一种现象,现代火箭、喷气式飞机、反击式水轮机等都是反冲运动的重要应用. 同学们在学习本节内容时要用心体会:反冲运动与动量守恒定律有什么关系? 火箭的最终速度取决于哪些因素?



材料链接

我们先来做一个小实验:用薄铝箔卷成一个细管,一端封闭,另一端留一个很细的口,内装由火柴头上刮下的药粉,把细管放在支架上,如图所示. 用火柴或其他方法给细管加热,当管内的药粉被点燃时,生成的燃气从细口迅速喷出,细管便向相反方向飞去.



学习了动量守恒定律后,该怎样利用所学的知识解释这种现象?



板块二 自学思疑 初探问题

尊重认知规律,亲历感悟知识生成



教材导读

问题一

如何用动量守恒定律解释反冲? 反冲速度的大小取决于哪些因素? 什么是反冲运动?

请大家仔细阅读教材“反冲”标题下的内容,思考并回答下列问题:



1. 什么是反冲运动?



2. 章鱼、乌贼向后喷水,身体便能够向前运动,你能解释这种现象吗?



3. 军训打靶时,子弹向前射出,枪身会向后运动,这是为什么?



4. 在教材《做一做》中,水从细管喷出,容器就会反方向旋转起来,怎样解释这种现象?

问题二

2011 年 11 月 3 日凌晨,天宫一号顺利实现与神舟八号飞船的对接任务. 接着,神舟九号、神舟十号飞船也依次与天宫一号完成无人或有人交会对接任务,并建立了中国首个空间实验室. 卫星发射离不开火箭,你知道火箭的升空与哪些物理知识有关吗?

请大家仔细阅读“火箭”标题下的内容,思考并回答:



1. 古代火箭是怎样升空的? 喷气式飞机又是怎样飞行的?

2. 比较古代火箭和现代火箭,它们有哪些相同点?

3. 过春节放烟花时,火药燃烧产生的燃气以很大的速度向下喷出,烟花获得速度不断上升.如果考虑重力的影响,系统动量守恒吗?

自主测评

1. 根据动量守恒定律,如果一个物体在内力的作用下分裂为两部分,一部分向某个方向运动,另一部分必然向相反的方向运动.这种现象叫做_____.

2. 反冲运动的特点:反冲运动和碰撞、爆炸相似,相互作用力很大,一般都满足_____,所以反冲运动可以用动量守恒定律来处理.

3. 火箭的工作原理:火箭的燃料被点燃后,燃烧生成的燃气以很大的速度_____,火箭由于反冲而向前运动.

4. 现代火箭的主要构造:火箭主要由_____和_____两大部分组成.

5. 火箭喷出燃气的速度越大,火箭喷出物质的质量与火箭本身质量之比_____,火箭获得的速度就越大.

6. 火箭飞行时所能达到的最大速度主要取决于两个条件:(1)_____;(2)_____.

7. 现代火箭主要用来发射探测器、常规弹头或核弹头、人造卫星或宇宙飞船,即利用火箭作为_____.

疑点归纳

在自主学习探究的过程中,大家有什么困惑和疑问,请记录在问题卡上.记得在课上或课后要及时解决哦!

板块三 合作互助 共析问题

发展创新思维,形成主动探究与合作的意识和能力

问题三

在本节中为什么要先研究反冲,然后再研究现代火箭?

同学们可以在独立思考的基础上,在小组内讨论:

1. 通过举例,讨论日常生活中哪些现象属于反冲?现实生活中,哪些反冲运动是可以利用的,哪些需要防止?

2. 现代火箭所能达到的最大速度跟哪些因素有关?请你提出一种提高速度的方法.

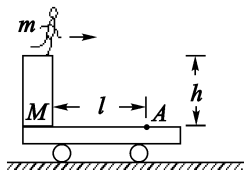
板块四 展示交流 探究问题

提高分析问题、解决问题的能力,科学答题

问题四

静止在光滑水平面上的平板车,车上站着质量为 m 的人.人从固定在车上的货架边缘沿水平顺着轨道方向跳出,落在平板车上 A 点.已知平板车连同货架的总质量 $M =$

$4m$, A 点到货架的距离 $l = 4\text{ m}$, 货架高度 $h = 1.25\text{ m}$, 问:



(1) 人跳出后车的反冲速度是多大? (g 取 10 m/s^2)

(2) 人落在车上站稳后, 车还运动吗?

(3) 在此过程中, 车移动的位移为多大?



归纳总结

请你根据对本部分内容的学习和体会, 通过“知识结构树”“思维导图”“表格比较”或“学习报告”等方式, 将你和你们小组的成果及时记录下来, 以便和别的小组进一步交流研讨. 例如:

反冲运动 { 现象: 一个物体在内力作用下分裂为两部分, 一部分向某个方向运动, 另一部分必然向相反方向运动
原理: 动量守恒
应用: 喷气式飞机、火箭等



板块五 应用演练 再生新疑

分级设题, 精选精练



分层演练

A. 基础巩固

1. 关于反冲运动, 下列说法正确的是

()

A. 一定满足动量守恒定律和机械能守恒定律

B. 只满足动量守恒定律

C. 只满足机械能守恒定律

D. 两个定律都不满足

2. 下列现象中, 不属于反冲运动的是

()

A. 用枪射击时, 子弹向前飞去, 枪身向后运动

B. 喷气式飞机连续向后喷气, 飞机向前加速运动

C. 水从反击式水轮机的转轮叶片间流出时, 转轮旋转, 带动发电机发电

D. 彗星在太阳引力作用下, 拖着一条长长的“尾巴”

3. (2017 · 全国 I) 将质量为 1.00 kg 的模型火箭点火升空, 50 g 燃烧的燃气以大小为 600 m/s 的速度从火箭喷口在很短时间内喷出. 在燃气喷出后的瞬间, 火箭的动量大小为(喷出过程中重力和空气阻力可忽略)

()

A. $30\text{ kg} \cdot \text{m/s}$

B. $5.7 \times 10^2\text{ kg} \cdot \text{m/s}$

C. $6.0 \times 10^2\text{ kg} \cdot \text{m/s}$

D. $6.3 \times 10^2\text{ kg} \cdot \text{m/s}$

B. 能力提升

4. 光滑水平面上有一质量为 M 的平板车, 车上站着质量为 m 的人, 以共同速度 v_0 前进. 当人相对于车以速度 v 向前跑时, 车的速度变为

()

A. $v_0 - \frac{mv}{M+m}$

B. $v_0 - \frac{mv}{M-m}$

C. $v_0 + \frac{mv}{M+m}$

D. $v_0 + \frac{mv}{M-m}$

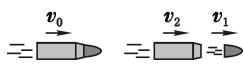
5. 有一水平飞行的火箭, 某时刻飞行速度是 $1\,000\text{ m/s}$, 它向后喷出的气体相对于火箭的速度小于 $1\,000\text{ m/s}$. 如果它继续喷出气体, 不考虑重力和空气阻力, 则火箭速度

()

- A. 继续增大
- B. 将会变小
- C. 有可能变大, 也有可能变小
- D. 先变大后变小

6. (2014 · 福建) 如图所示, 一枚火箭搭载着卫星以速率 v_0 进入太空预定位置, 由控制系统使箭体与卫星分离. 已知前部分的卫星质量为 m_1 , 后部分的箭体质量为 m_2 , 分离后箭体以速率 v_2 沿火箭原方向飞行. 若忽略空气阻力及分离前后系统质量的变化, 则分离后卫星的速率 v_1 是

()



- A. $v_0 - v_2$
- B. $v_0 + v_2$
- C. $v_0 - \frac{m_2}{m_1} v_2$
- D. $v_0 + \frac{m_2}{m_1} (v_0 - v_2)$

7. 在太空中有一枚质量为 M 、相对太空站处于静止状态的火箭, 突然喷出质量为 m 的气体, 喷出速度为 v_0 (相对太空站), 紧接着再喷出质量也为 m 的另一股气体, 此后火箭获得的速度为 v (相对太空站). 火箭第二次喷射的气体 (相对太空站) 的速度为多少?

8. 在沙滩上有一木块, 质量 $m_1 = 5\text{ kg}$, 木块上放一个质量 $m_2 = 0.1\text{ kg}$ 的爆竹. 点燃

爆竹后, 木块陷入沙中的深度为 $s = 5\text{ cm}$. 若沙对木块的平均阻力为 58 N , 不计爆炸中火药的质量和空气阻力, g 取 10 m/s^2 , 求爆竹上升的最大高度.



活动探究

请同学们上网查找资料, 了解我国航天器发射时所用的“长征”系列火箭, 与国外火箭相比有哪些优缺点.



再生新疑

1. 气球质量为 M , 载有质量为 m 的人, 静止在空中距地面高 h 的地方. 气球下方是一根质量可忽略不计的绳子, 若此人想从气球上沿绳子慢慢下滑到地面, 为了安全到达地面, 绳子至少应该多长?

2. 从做功和能量转化的角度分析反冲现象中, 系统的机械能为什么会增大?



★ 科学、技术与社会

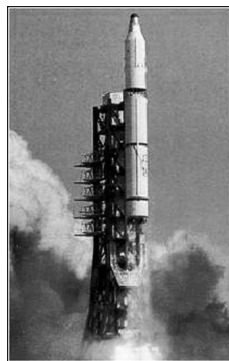
科学技术是社会前进的指路明灯,愿你也能擎起一盏

航天技术与反冲运动

现实生活中的反冲现象还有很多,如反击式水轮机,水从转轮流出时,转轮由于反冲运动而旋转,带动发电机发电.喷气式飞机就是反冲运动的重要应用.飞机连续不断向后喷出气体,能够使飞机的飞行速度接近 $1\,000\text{ m/s}$.

我国劳动人民早在宋代就发明了火箭.在箭上扎一个火药筒,点燃火药,生成的燃气以很大的速度向后喷出时,火箭就向前做反冲运动.

现代火箭的原理与古代火箭基本相同,但结构要复杂得多,主要用途是发射探测器、携带弹头、发射卫星或宇宙飞船等,是一种运载工具.要将卫星送入预定的轨道,需要考虑火箭飞行所能达到的最大速度(燃料燃尽时的最终速度),如果这个速度较小,火箭就会落回地面.火箭最终速度取决于两个条件:一是质量比;二是喷气的速度,喷气速度越大,火箭获得的推力就越大.为了提高喷气的速度,需要用热值高的燃料.目前常用的燃料是液氢,液氧作氧化剂.由于一级火箭的最终速度达不到发射卫星所需要的速度,因此发射卫星要用多级火箭.



我国的航天技术已经进入世界先进行列,“长征”号系列火箭已经成功地进入国际市场,为外国用户发射了多颗卫星,而“神舟”系列载人飞船的成功发射,标志着我国已经成为继美国、俄罗斯之后的航天大国.

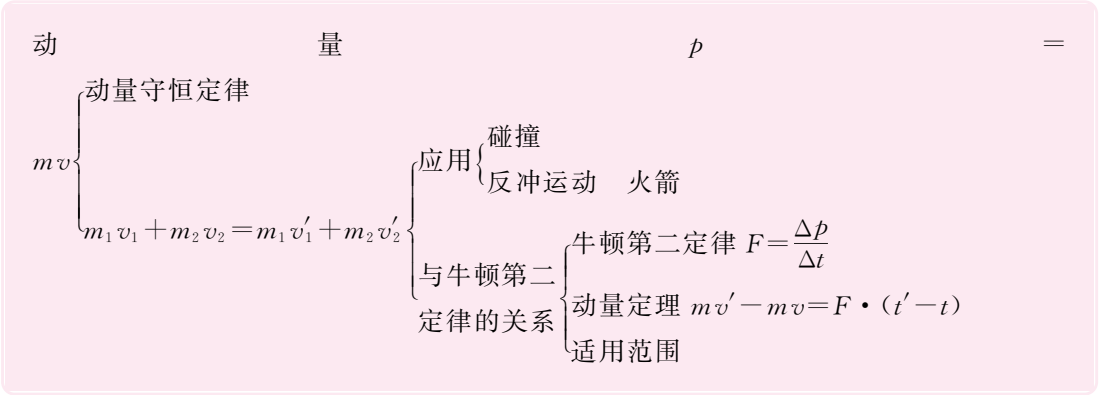


★ 本章学习报告

整体把握本章的学习内容,使学有所获

请你根据对本部分内容的学习和体会,列出本章内容主要涉及的知识点、公式、图象、方法等,并通过“知识结构树”“思维导图”“表格比较”或“书面表达”等方式,将你所列出的内容系统化.要注意和别的同学多交流,并及时记录下别人的优点,补充完善自己的不足部分.

以下是老师的总结,同学们可以对照参考.



第十六章综合测试

(时间:90 分钟 总分:100 分)

一、选择题 (本题共 8 小题,每小题 5 分,共 40 分.在每小题给出的四个选项中,第 1~5 题只有一个选项符合题目要求,第 6~8 题有多个选项符合题目要求.全选对得 5 分,选对但不全得 3 分,选错或不选得 0 分.请将答案标号填在题后的括号内)

1. 高空坠物极易对行人造成伤害.若一个质量为 50 g 的鸡蛋从一居民楼的 25 层落下,与地面的撞击时间约为 2×10^{-3} s,试估算该鸡蛋对地面的冲击力约为 ()

- A. 1 000 N B. 500 N
C. 100 N D. 50 N

2. 物体在恒定的合力 F 作用下做直线运动,在时间 Δt_1 内速度由 0 增大到 v ,在 Δt_2 内由 v 增大到 $2v$.设 F 在 Δt_1 内冲量为 I_1 ,做功为 W_1 ,在 Δt_2 内冲量为 I_2 ,做功为 W_2 ,那么 ()

- A. $I_1 < I_2, W_1 = W_2$ B. $I_1 < I_2, W_1 < W_2$
C. $I_1 = I_2, W_1 = W_2$ D. $I_1 = I_2, W_1 < W_2$

3. (2017·海南)光滑水平桌面上有 P 、 Q 两个物块, Q 的质量是 P 的 n 倍.将一轻弹簧置于 P 、 Q 之间,用外力缓慢压 P 、 Q .撤去外力后, P 、 Q 开始运动, P 和 Q 的动量大小的比值为 ()

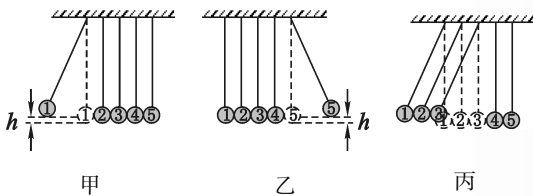
- A. n^2 B. n
C. $\frac{1}{n}$ D. 1

4. 水平飞行的子弹打穿固定在水平面上的木块,经历的时间为 t_1 ,子弹损失的动能为 ΔE_{k1} ,系统机械能的损失为 ΔE_1 .同样的子弹以同样的速度打穿放在光滑水平面上同样

的木块,经历的时间为 t_2 ,子弹损失的动能为 ΔE_{k2} ,系统机械能的损失为 ΔE_2 .设两种情况下子弹在木块中所受的阻力相同,则下列判断正确的是 ()

- A. $t_1 > t_2$ B. $\Delta E_{k1} < \Delta E_{k2}$
C. $\Delta E_{k1} > \Delta E_{k2}$ D. $\Delta E_1 > \Delta E_2$

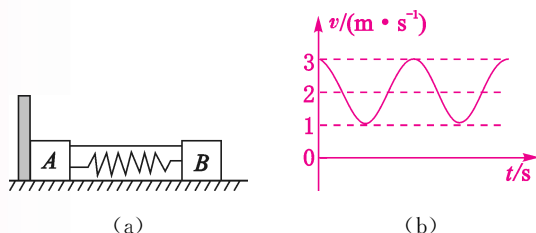
5. 如图是“牛顿摆”装置,5 个完全相同的小钢球用轻绳悬挂在水平支架上,5 根轻绳互相平行,5 个钢球彼此紧密排列,球心等高.用 1、2、3、4、5 分别标记 5 个小钢球.当把小球 1 向左拉起一定高度,如图甲所示,然后由静止释放,在极短时间内经过小球间的相互碰撞,可观察到球 5 向右摆起,且达到的最大高度与球 1 的释放高度相同,如图乙所示.关于此实验,下列说法正确的是 ()



- A. 上述实验过程中,5 个小球组成的系统机械能守恒,动量守恒
B. 上述实验过程中,5 个小球组成的系统机械能不守恒,动量不守恒
C. 如果同时向左拉起小球 1、2、3 到相同高度(如图丙所示),同时由静止释放,经碰撞后,小球 4、5 一起向右摆起,且上升的最大高度高于小球 1、2、3 的释放高度
D. 如果同时向左拉起小球 1、2、3 到相同高度(如图丙所示),同时由静

止释放,经碰撞后,小球 3、4、5 一起向右摆起,且上升的最大高度与小球 1、2、3 的释放高度相同

6. 如图(a)所示,物块 A、B 间拴接一个压缩后被锁定的弹簧,整个系统静止放在光滑水平地面上,其中 A 物块最初与左侧固定的挡板相接触,B 物块质量为 2 kg. 现解除对弹簧的锁定,在 A 离开挡板后,B 物块的 $v-t$ 图如图(b)所示,则可知 ()



- A. 在 A 离开挡板前,A、B 系统动量不守恒,之后守恒
- B. 在 A 离开挡板前,A、B 与弹簧组成的系统机械能守恒,之后不守恒
- C. 弹簧锁定时其弹性势能为 9 J
- D. A 的质量为 1 kg,在 A 离开挡板后弹簧的最大弹性势能为 3 J

7. 在光滑水平面上动能为 E_0 、动量大小为 p_0 的小钢球 1 与静止的小钢球 2 发生碰撞,碰撞前后球 1 的运动方向相反. 将碰后球 1 的动能和动量大小分别记为 E_1 、 p_1 ,球 2 的动能和动量大小分别记为 E_2 、 p_2 ,则必有 ()

- A. $E_1 < E_0$
- B. $p_1 < p_0$
- C. $E_2 > E_0$
- D. $p_2 > p_0$

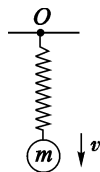
8. 如图所示,一质量 $M=3$ kg 的长方形木板 B 放在光滑水平地面上,在其右端放一质量 $m=1$ kg 的小木块 A. 现以地面为参考系,给 A 和 B 以大小均为 4.0 m/s、方向相反的初速度 v_0 ,使 A 开始向左运动,B 开始向右运动,但最后 A 并没有滑离 B 板. 站在地面上的观察者看到在一段时间内小木块 A 在做加速

运动,则在这段时间内木板 B 相对于地面的速度大小可能是 ()

- A. 1.8 m/s
- B. 2.2 m/s
- C. 2.6 m/s
- D. 2.8 m/s

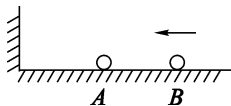
二、填空题 (本题共 4 小题,每小题 4 分,共 16 分. 请将答案填在题中横线上)

9. (2018 · 江苏) 如图所示,悬挂于竖直弹簧下端的小球质量为 m ,运动速度的大小为 v ,方向向下. 经过时间 t ,小球的速度大小为 v ,方向变为向上. 忽略空气阻力,重力加速度为 g ,那么该运动过程中,小球所受弹簧弹力冲量的大小为 _____.



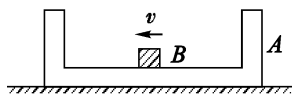
10. 在光滑水平面上有 A、B 两个小球沿同一直线运动,碰撞后两个小球粘在一起. 已知碰撞前它们的动量分别为 $p_A = +12$ kg · m/s, $p_B = +28$ kg · m/s,碰撞后 A 的动量变为 $p_A' = +24$ kg · m/s,则可知碰撞前两球的速度之比为 _____.

11. (2015 · 天津) 如图所示,在光滑水平面的左侧固定一竖直挡板,A 球在水平面上静止放置,B 球向左运动与 A 球正碰,B 球碰撞前、后的速率之比为 3:1,A 球垂直撞向挡板,碰后原速率返回,两球刚好不发生第二次碰撞. A、B 两球的质量之比为 _____, A、B 碰撞前、后两球总动能之比为 _____.



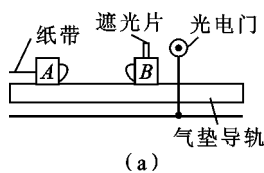
12. (2016 · 天津) 如图所示,方盒 A 静止在光滑的水平面上,盒内有一小滑块 B,盒的质量是滑块的 2 倍,滑块与盒内水平面间

的动摩擦因数为 μ . 若滑块以速度 v 开始向左运动, 与盒的左、右壁发生无机械能损失的碰撞, 滑块在盒中来回运动多次, 最终相对于盒静止, 则此时盒的速度大小为 _____, 滑块相对于盒运动的路程为 _____.



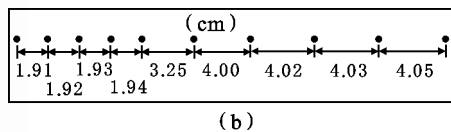
三、实验探究题 (本题共 2 小题, 共 15 分, 请将答案填在题中横线上或按要求作答)

13. (6 分) (2014 · 全国新课标 II) 现利用图(a)所示的装置验证动量守恒定律. 在图(a)中, 气垫导轨上有 A、B 两个滑块, 滑块 A 右侧带有一弹簧片, 左侧与打点计时器(图中未画出)的纸带相连; 滑块 B 左侧也带有一弹簧片, 上面固定一遮光片, 光电计时器(未完全画出)可以记录遮光片通过光电门的时间.



实验测得滑块 A 的质量 $m_1 = 0.310 \text{ kg}$, 滑块 B 的质量 $m_2 = 0.108 \text{ kg}$, 遮光片的宽度 $d = 1.00 \text{ cm}$; 打点计时器所用的交流电的频率为 $f = 50 \text{ Hz}$.

将光电门固定在滑块 B 的右侧, 启动打点计时器, 给滑块 A 一向右的初速度, 使它与 B 相碰. 碰后光电计时器显示的时间为 $\Delta t_B = 3.500 \text{ ms}$. 碰撞前后打出的纸带如图(b)所示.



若实验允许的相对误差绝对值 $\left(\left| \frac{\text{碰撞前后总动量之差}}{\text{碰前总动量}} \right| \times 100\% \right)$ 最大为 5%, 本实验是否在误差范围内验证了动量守恒定

律? 写出运算过程.

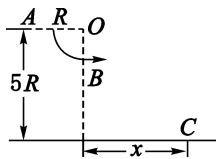
14. (9 分) (2016 · 海南) 如图, 物块 A 通过一不可伸长的轻绳悬挂在天花板下, 初始时静止; 从发射器(图中未画出)射出的物块 B 沿水平方向与 A 相撞, 碰撞后两者粘在一起运动, 碰撞前 B 的速度的大小 v 及碰撞后 A 和 B 一起上升的高度 h 均可由传感器(图中未画出)测得. 某同学以 h 为纵坐标, v^2 为横坐标, 利用实验数据作直线拟合, 求得该直线的斜率为 $k = 1.92 \times 10^{-3} \text{ s}^2/\text{m}$. 已知物块 A 和 B 的质量分别为 $m_A = 0.400 \text{ kg}$ 和 $m_B = 0.100 \text{ kg}$, 重力加速度大小 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$.

(1) 若碰撞时间极短且忽略空气阻力, 求 $h-v^2$ 直线斜率的理论值 k_0 ;

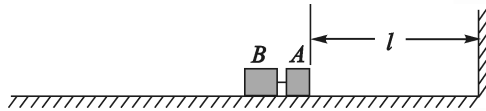
(2) 求 k 值的相对误差 $\delta \left(\delta = \frac{|k-k_0|}{k_0} \times 100\% \right)$, 结果保留 1 位有效数字.

四、计算题 (本题共 3 小题, 共 29 分, 解答时应写出必要的文字说明、方程式和重要的演算步骤, 只写出最后答案的不能得分. 有数值计算的题, 答案中必须明确写出数值和单位)

15. (9 分) 如图所示, 一对杂技演员 (都视为质点) 乘秋千 (秋千绳处于水平位置) 从 A 点由静止出发绕 O 点下摆. 当摆到最低点 B 时, 女演员在极短时间内将男演员沿水平方向推出, 然后自己刚好能回到高处 A. 求男演员落地点 C 与 O 点的水平距离 x . 已知男演员质量 m_1 和女演员质量 m_2 之比 $\frac{m_1}{m_2} = 2$. 秋千的质量不计, 秋千的摆长为 R , C 点比 O 点低 $5R$.



16. (10 分) (2019 · 全国 III) 静止在水平地面上的两小物块 A、B, 质量分别为 $m_A = 1.0 \text{ kg}$, $m_B = 4.0 \text{ kg}$; 两者之间有一被压缩的微型弹簧, A 与其右侧的竖直墙壁距离 $l = 1.0 \text{ m}$, 如图所示. 某时刻, 将压缩的微型弹簧释放, 使 A、B 瞬间分离, 两物块获得的动能之和为 $E_k = 10.0 \text{ J}$. 释放后, A 沿着与墙壁垂直的方向向右运动. A、B 与地面之间的动摩擦因数均为 $\mu = 0.20$. 重力加速度取 $g = 10 \text{ m/s}^2$. A、B 运动过程中所涉及的碰撞均为弹性碰撞且碰撞时间极短.



(1) 求弹簧释放后瞬间 A、B 速度的大小;

(2) 物块 A、B 中的哪一个先停止? 该物块刚停止时 A 与 B 之间的距离是多少?

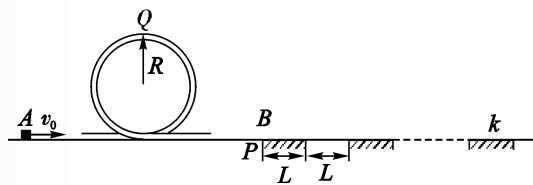
(3) A 和 B 都停止后, A 与 B 之间的距离是多少?

17. (10 分)(2015 · 广东)如图所示,一条带有圆轨道的长轨道水平固定,圆轨道竖直,底端分别与两侧的直轨道相切,半径 $R=0.5\text{ m}$. 物块 A 以 $v_0=6\text{ m/s}$ 的速度滑入圆轨道,滑过最高点 Q ,再沿圆轨道滑出后,与直轨道上 P 处静止的物块 B 碰撞,碰后粘在一起运动. P 点左侧轨道光滑,右侧轨道呈粗糙段、光滑段交替排列,每段长度都为 $L=0.1\text{ m}$. 物块与各粗糙段间的动摩擦因数都为 $\mu=0.1$, A 、 B 的质量均为 $m=1\text{ kg}$ (重力加速度 g 取 10 m/s^2 ; A 、 B 视为质点,碰撞时间极短).

(1)求 A 滑过 Q 点时的速度大小 v 和受到的弹力大小 F ;

(2)若碰后 A 、 B 最终停止在第 k 个粗糙段上,求 k 的数值;

(3)求碰后 A 、 B 滑至第 n 个($n < k$)光滑段上的速度 v_n 与 n 的关系式.



第十七章 波粒二象性



★ 本章学习导航

先行一步，步步先行



《课标》要求

内容标准	学习要求
了解微观世界中的量子化现象，比较宏观物体和微观粒子能量变化的特点；体会量子论的建立深化了人们对于物质世界的认识。	重视实验，大胆创新。
通过实验了解光电效应，知道爱因斯坦光电效应方程及其意义，了解康普顿效应。	重视实验，发现矛盾，建立新思想、新观念、新理论。
根据实验说明光的波粒二象性；知道光是一种概率波。	通过分析实验现象，知道光是一种概率波。
知道实物粒子具有波动性；知道电子云；初步了解不确定性关系。	通过电子衍射实验初步了解微观粒子的波粒二象性。
通过典型事例，了解人类直接经验的局限性，体会人类对世界的探究是不断深入的。	



学法指导

本章内容涉及微观世界中的量子化现象. 首先从黑体和黑体辐射出发, 提出了能量的量子化观点, 进而研究光电效应现象, 用爱因斯坦的光子说对光电效应的实验规律作出合理解释, 明确了光具有波粒二象性, 进而将波粒二象性推广到运动的实物粒子, 提出了德布罗意波的概念, 经分析和研究得出光波和德布罗意波都是概率波以及不确定性关系的结论.

学习本章主要使用两种学习方法——物理模型法和假设与验证法. 光究竟是什么? 人们首先根据光的传播特点提出了“光的波动模型”, 然后通过光的干涉和衍射实验进行了验证. 当人们发现光电效应和康普顿效应后, 又提出了“光的粒子模型”. 那么, 光到底是什么呢? 为了统一, 人们提出了“光的波粒二象性”模型. 德布罗意认为: 光是电磁波, 可是又具有粒子性. 那么, 电子、中子等粒子是否也应该具有波动性呢? 他提出了“物质波”的假说, 后来汤姆孙等人用实验证明了这个假说的正确性, 形成了完整的波粒二象性理论.

在微观世界里有很多神奇的现象, 我们要冲破传统思想的束缚, 去认识自然, 认识世界.

第一节 能量量子化



板块一 创设问题 引领目标

导入问题,直指学时重点



问题呈现

在研究不同温度下黑体辐射强度与波长的关系时,科学家发现经典理论的结果与实验事实之间产生了矛盾.为了解决这些矛盾,德国物理学家普朗克认为黑体辐射的能级是不连续的,提出了能量量子化观点.教材是按物理学史发展展开的,同学们可以体会到前辈大师进行科学探究的真实过程,感受科学家进行研究的科学方法和科学精神.

在学习本节内容时,同学们一定要清楚地知道:什么是黑体?什么是黑体辐射?用心体会黑体辐射的实验规律与经典理论的矛盾,并思考在这种情况下,德国物理学家普朗克为什么要提出能量子?



材料链接

给一铁块不断加热,铁块会依次呈现暗红、赤红、橘红,直至变成黄白色.炼钢工人通过观察炼钢炉内的颜色,就可以估计出炉内的温度,这是什么道理?



板块二 自学思疑 初探问题

尊重认知规律,亲历感悟知识生成



教材导读

问题一

黑体是一个理想化模型,物理学中是如何建立黑体概念的?

请大家仔细阅读教材“黑体与黑体辐射”

标题下的内容,思考并回答下列问题:

1. 把一个铁块分别放在 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的环境中和炼钢炉中是否都辐射电磁波?辐射出的电磁波有什么不同?

2. 黑体是一种理想化的模型,绝对的黑体是不存在的,你能模拟一个黑体表面吗?

3. 黑体看上去一定是黑的吗?如果黑体自身辐射的可见光非常微弱或自身辐射很强,看起来有什么不同?

问题二

黑体辐射的实验规律是什么?

请大家仔细阅读教材“黑体辐射的实验规律”标题下的内容,思考并回答下列问题:

1. 经典的电磁辐射理论是什么?

2. 黑体辐射的实验规律与经典电磁辐射理论的矛盾是什么?

问题三

普朗克是在什么情况下提出量子的？量子的提出如何解决黑体辐射的实验规律与经典电磁辐射理论的矛盾？

请大家仔细阅读教材“量子”标题下的内容，并回答下列问题：

1. 为了解释黑体辐射现象，普朗克的量子化假设是什么？

2. 普朗克公式与实验结果的比较图中，小圆代表什么？曲线是如何作出的？这个图说明了什么？

自主测评

- 1. 我们周围的一切物体都在辐射_____，这种辐射与物体的温度有关，所以叫做_____。
- 2. 除了热辐射之外，物体表面还会_____和_____外界射来的电磁波。如果某种物体能够完全_____入射的各种波长的电磁波而不发生_____，这种物体就是_____，简称_____。
- 3. 实验测出了辐射的电磁波按波长的分布情况：随着温度的升高，一方面，各种波长的辐射强度都有_____；另一方面，辐射强度的极大值向波长_____的方向移动。
- 4. 微观世界里的能量是一份一份的，其中不可分的最小值 ϵ 叫做_____， $\epsilon=_____$ 。

疑点归纳

在自主学习探究的过程中，大家有什么困惑和疑问，请记录在问题卡上。记得在课上或课后要及时解决哦！

板块三 合作互助 共析问题

发展创新思维，形成主动探究与合作的意识和能力

问题四

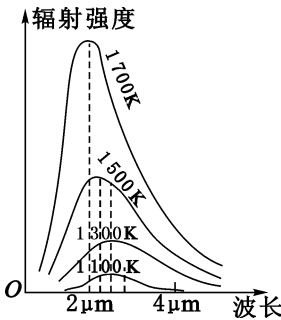
当用经典电磁理论无法解释黑体辐射规律时，伟大的科学家怎么对待这个问题呢？体会在科学转折的关头科学家的思维过程。

板块四 展示交流 探究问题

提高分析问题、解决问题的能力，科学答题

问题五

1. (多选)黑体辐射的实验规律如图所示，由图可知 ()



- A. 随着温度的升高，各种波长的辐射强度都有增加
- B. 随着温度的降低，各种波长的辐射强度都有增加
- C. 随着温度的升高，辐射强度的极大值向波长较短的方向移动
- D. 随着温度的降低，辐射强度的极大值向波长较短的方向移动

2. 人眼对绿光最为敏感. 正常人的眼睛接收到波长为 530 nm 的绿光时, 只要每秒有 6 个绿光的光子射入瞳孔, 眼睛就能察觉到. 已知普朗克常量为 $6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, 光速为 $3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$, 则人眼能察觉到绿光时所接收到的最小功率是多少?



归纳总结

请你根据对本部分内容的学习和体会, 通过“知识结构树”“思维导图”“表格比较”或“学习报告”等方式, 将你和你们组的成果及时记录下来, 以便和别的小组进一步交流研讨. 例如:

为了解释黑体辐射现象, 普朗克作出了这样的大胆假设:

(1) 振动着的带电微粒的能量只能是某一最小能量值 ϵ 的整数倍;

(2) 这个不可再分的最小能量值 ϵ 叫做能量子, $\epsilon = h\nu$, 其中 ν 是电磁波的频率, $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, 称为普朗克常量.



板块五 应用演练 再生新疑

分级设题, 精选精练



分层演练

A. 基础巩固

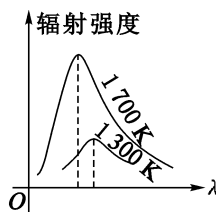
1. 关于热辐射, 以下说法正确的是 ()

- A. 一切物体都在进行着热辐射
- B. 只有高温物体才进行热辐射
- C. 严冬季节里的物体不发生热辐射
- D. 物体温度越高, 热辐射中较长波长成分的辐射越强

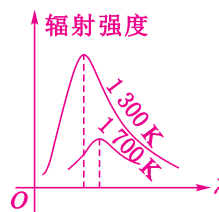
2. 第一次提出量子化观点的物理学家是 ()

- A. 维恩
- B. 普朗克
- C. 牛顿
- D. 卢瑟福

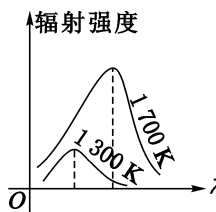
3. 下列描绘两种温度下黑体辐射强度与波长关系的图中, 符合黑体辐射实验规律的是 ()



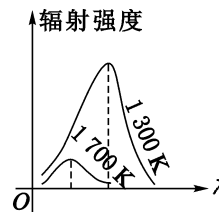
A



B



C



D

B. 能力提升

4. (多选) 一激光器发光功率为 P , 发出的激光在真空中波长为 λ , 已知光在真空中的传播速度为 c , 普朗克常量为 h , 则下列叙述正确的是 ()

- A. 该激光的频率为 $\frac{\lambda}{c}$
- B. 该激光的频率为 $\frac{c}{\lambda}$
- C. 该激光器在 t s 内辐射的能量子数为 $\frac{cPt}{h\lambda}$
- D. 该激光器在 t s 内辐射的能量子数为 $\frac{Pt\lambda}{hc}$

5. 根据热辐射理论, 物体发出光的最大波长 λ_m 与物体的绝对温度的关系满足: $T\lambda_m = 2.90 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$. 若猫头鹰的猎物——蛇在夜间的体温为 27°C , 则它发出光的最大波长为 _____ m.



★ 科学、技术与社会

科学技术是社会前进的指路明灯，愿你能擎起一盏

普朗克与量子论

由于普朗克的能量子假设与经典物理学理论格格不入，当时物理学界对普朗克的工作普遍认识不足，人们虽承认与实验相符的普朗克公式，却不能接受他的能量子假设。普朗克本人也对他的能量子假设惴惴不安，总想回到经典物理学理论的立场。

1911 年，普朗克认为，能量仅在发射过程中才是量子化的，而吸收完全是连续进行的；1914 年，他干脆取消了能量子的假设，认为在发射过程中也是连续的。后来他回忆起这一段经历，百感交集：“企图使基本作用量子与经典理论调和起来的这种徒劳无益的打算，我持续了很多年（直到 1915 年），它使我付出了巨大的精力。我的许多同事认为这近乎是一个悲剧，但是我对此有不同的感觉，因为我由此而获得的透彻的启示是更有价值的。我现在知道了这个基本作用量子在物理学中的地位远比我最初所想象的要重要得多，并且承认这一点使我清楚地看到在处理原子问题时引入一套全新的分析方法和推理方法的必要性。”

第二节 光的粒子性



板块一 创设问题 引领目标

导入问题，直指学时重点



问题呈现

光电效应、康普顿效应是认识光的粒子性的重要依据，爱因斯坦用量子思想对光电效应的解释是科学转折的重大信号。本节知识由光电效应的实验规律、光电效应中的疑难、爱因斯坦的光电效应方程、康普顿效应和光子的动量五部分组成。同学们要用心体会：光的粒子性是怎样表现的？



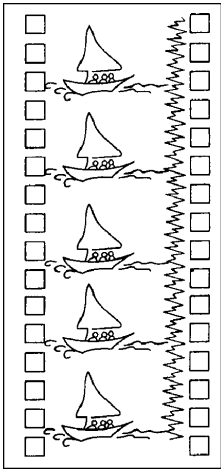
材料链接

电影如何记录和播放声音？

最早的电影是没有声音的，后来虽然有了声音，但那是靠留声机来配合影片播放的，

声和影配合不好。现在我们能看见声和影完全配合在一起，还是多亏了光电管。影片摄制完成后，要进行录音。录音时通过专门的设备使声音的变化转变为光的变化，从而把声音的“像”摄制在影片拷贝的边缘上，形成宽窄变化的暗条纹，这就是影片拷贝边缘上的音轨，如图所示。

放映电影时，利用光电管把“声音的照片”还原成声音。方法是：在电影放映机中用强度不变的极窄的光束照射音轨，由于影片拷贝上各处的音轨宽窄不同，所以在影片移动的过程中，通过音轨的光的强度也就不断变化；变化的光照射到光



电管时,在电路中产生变化的电流,把电流放大后,通过喇叭就能把声音放出来了。

(1)你想知道光电管的结构和工作原理吗?

(2)你想知道光电管在生活中还有哪些应用吗?



板块二 自学思疑 初探问题

尊重认知规律,亲历感悟知识生成



教材导读

问题一

什么是光电效应? 光电效应的实验现象和规律是怎样的?

请大家仔细阅读教材“光电效应的实验规律”标题下的内容,思考并回答下列问题:

❀ 1. 什么是光电效应?

❀ 2. 请仔细观察教材第 31 页研究光电效应的电路图(图 17.2-2),在阳极 A 和阴极 K 之间存在一个什么方向的电场? 电子在该电场中是加速还是减速?

❀ 3. 在教材图 17.2-2 中,当把阳极 A 接在电源负极,阴极 K 接在电源的正极时,电子在 A、K 之间是加速还是减速? 设遏止电压为 U ,电子能从 K 到 A,则静电力对电子做的功为多少? 设光电子的最大初动能为 E_k ,电子到达 A 时的速度为 v ,根据动能定理,应满足什么样的关系式?

❀ 4. 什么是截止频率(极限频率)? 意义如何? 实验说明光电子的能量跟入射光的什么因素有关?

❀ 5. 入射光的频率很低时,无论多长时间都不能发生光电效应;只要入射光的频率足够高,在极短的时间内就能发生光电效应.这说明了什么?

问题二

光电效应的规律和光的电磁理论的矛盾是什么?

请大家仔细阅读教材“光电效应解释中的疑难”标题下的内容,思考并回答下列问题:

❀ 1. 电子从某金属逸出为什么要克服阻力做功? 什么是逸出功?

2. 光的电磁理论和光电效应现象的矛盾表现在哪三个方面?

问题三

如何用能量守恒的观点分析光电效应方程?

请大家仔细阅读教材“爱因斯坦的光电效应方程”标题下的内容,思考并回答下列问题:

1. 爱因斯坦在《关于光的产生和转化的一个试探性观点》一文中,认为光的本身是什么?什么是光子?

2. 爱因斯坦的光电效应方程遵守能的转化和守恒定律吗?

问题四

康普顿效应如何说明了光的粒子性?

请大家仔细阅读教材“康普顿效应”和“光子的动量”标题下的内容,思考并回答下列问题:

1. 康普顿效应的现象是什么?跟经典物理学中光的波动理论有什么矛盾?

2. 用光子模型如何解释康普顿效应?

3. 光电效应和康普顿效应说明了光的什么本性?



自主测评

1. 光电效应的实验规律

光照射到金属的表面上,能使金属中的_____从表面逸出,这种现象称为光电效应.逸出的电子又称为_____.

实验规律之一:在光照条件不变的情况下,随着所加电压增大,光电流趋于一个_____.也就是说,在电流较小时,电流随着电压的增大而_____;但当电流增大到一定值之后,即使电压再增大,电流也不会增大了.

实验规律之二:对光电管加反向电压,调整电压的大小,光电流可以减小到0,使光电流恰好减小为0的_____称为遏止电压.不同频率的光照射金属发生光电效应,遏止电压是_____的.

实验规律之三:使金属恰好_____发生光电效应的光的频率称为截止频率或极限频率.当入射光的频率_____截止频率时,无论入射光怎样微弱,都立刻能产生光电

效应.

2. 光电效应解释中的疑难

使电子脱离某种金属所做功的最小值,叫做这种金属的_____.

经典的电磁理论只能解释_____,对剩余规律却无法解释.

3. 爱因斯坦的光电效应方程

爱因斯坦对光电效应的解释是:光不仅在_____时能量是一份一份的,是不连续的,而且光本身就是由一个个不可分割的_____组成的,频率为 ν 的光的能量子为_____,每一个光的能量子被称为一个_____,这就是爱因斯坦的光子说.

爱因斯坦认为,在光电效应中,金属中的电子吸收一个光子获得的能量是 $h\nu$,这些能量的一部分用来克服金属的_____,剩下的表现为逸出的光电子的_____,用公式表示为_____,这就是著名的爱因斯坦光电效应方程.

4. 康普顿效应

光在介质中与物质微粒相互作用,因而传播_____发生改变,这种现象叫做光的散射.美国物理学家康普顿在研究石墨对X射线的散射时,发现在散射的X射线中,除了与入射波长相同的成分外,还有波长_____入射波长的成分,这种现象称为康普顿效应.

5. 光子的动量

根据爱因斯坦狭义相对论中的质能方程 $E=mc^2$ 和光子说 $\epsilon=h\nu$,每个光子的质量是_____,按照动量的定义,每个光子的动量是 $p=\frac{h\nu}{c}$ 或_____.综上所述,光子具有能量、质量、动量,表现了粒子所具有的特征,因此光子是粒子.



疑点归纳

在自主学习探究的过程中,大家有什么

困惑和疑问,请记录在问题卡上.记得在课上或课后要及时解决哦!



板块三 合作互助 共析问题

发展创新思维,形成主动探究与合作的意识和能力

问题五

请大家共同思考,分析下面2个关于光电效应的问题:

1. (2014·海南)(多选)在光电效应实验中,用同一种单色光,先后照射锌和银的表面,都能发生光电效应.对于这两个过程,下列四个物理量中,一定不同的是 ()

- A. 遏止电压
- B. 饱和光电流
- C. 光电子的最大初动能
- D. 逸出功

2. (2019·北京)光电管是一种利用光照射产生电流的装置,当入射光照在管中的金属板上时,可能形成光电流.表中给出了6次实验的结果:

组	次	入射光子的能量/eV	相对光强	光电流大小/mA	逸出光电子的最大动能/eV
第一组	1	0.4	弱	29	0.9
	2	4.0	中	43	0.9
	3	4.0	强	60	0.9
第二组	4	6.0	弱	27	2.9
	5	6.0	中	40	2.9
	6	6.0	强	55	2.9

下列由表中数据得出的论断中,不正确的是

- A. 两组实验采用了不同频率的入射光

- B. 两组实验所用的金属板材质不同
- C. 若入射光子的能量为 5.0 eV , 逸出光电子的最大动能为 1.9 eV
- D. 若入射光子的能量为 5.0 eV , 相对光强越强, 光电流越大

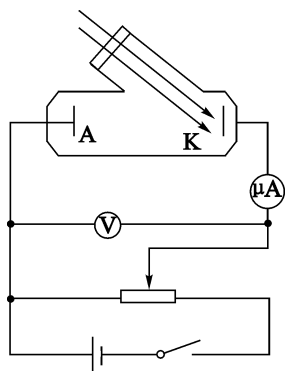


板块四 展示交流 探究问题

提高分析问题、解决问题的能力, 科学答题

问题六

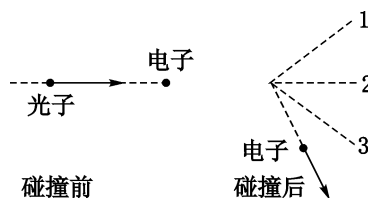
如图所示, 一光电管的阴极由极限波长 $\lambda_0 = 500\text{ nm}$ 的钠制成. 用波长 $\lambda = 300\text{ nm}$ 的紫外线照射阴极, 光电管阳极 A 和阴极 K 之间的电势差 $U = 2.1\text{ V}$, 饱和光电流的值 (当阴极 K 发射的电子全部到达阳极 A 时, 电路中的电流达到最大值, 称为饱和光电流) $I_m = 0.56\text{ }\mu\text{A}$.



- (1) 求每秒钟内由阴极 K 发射的光电子数目;
- (2) 求电子到达 A 极时的最大动能;
- (3) 如果电势差 U 不变, 而照射光的强度增大到原来的 3 倍, 此时电子到达 A 极时的最大动能是多大? (普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34}\text{ J}\cdot\text{s}$)

问题七

康普顿效应证实了光子不仅具有能量, 也具有动量. 如图给出了光子与静止的电子碰撞后电子的运动方向, 则碰后光子 ()



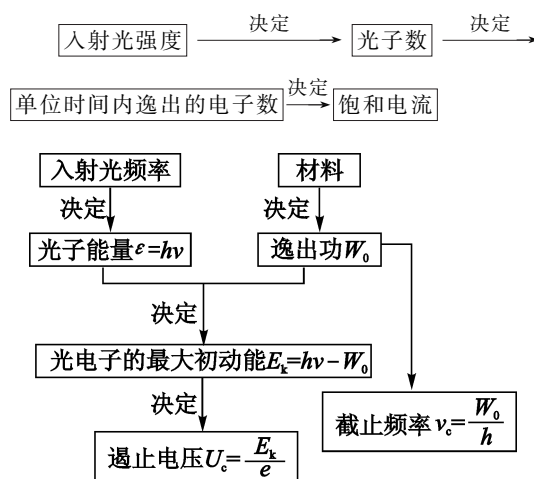
- A. 可能沿 1 方向, 且波长变短
- B. 可能沿 2 方向, 且波长变短
- C. 可能沿 1 方向, 且波长变长
- D. 可能沿 3 方向, 且波长变长



归纳总结

请你根据对本部分内容的学习和体会, 通过“知识结构树”“思维导图”“表格比较”或“学习报告”等方式, 将你和你们小组的成果及时记录下来, 以便和别的小组进一步交流研讨. 例如:

各物理量间的决定关系





板块五 应用演练 再生新疑

分级设题, 精选精练



分层演练

A. 基础巩固

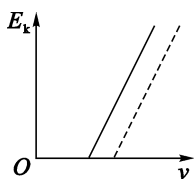
1. (多选)(2017·海南)三束单色光 1、2 和 3 的波长分别为 λ_1 、 λ_2 和 λ_3 ($\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3$), 分别用这三束光照射同一种金属, 已知用光束 2 照射时, 恰能产生光电子. 下列说法正确的是

- ()
- A. 用光束 1 照射时, 不能产生光电子
- B. 用光束 3 照射时, 不能产生光电子
- C. 用光束 2 照射时, 光越强, 单位时间内产生的光电子数目越多
- D. 用光束 2 照射时, 光越强, 产生的光电子的最大初动能越大

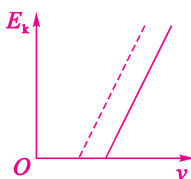
2. 关于光电效应, 下列说法正确的是

- ()
- A. 极限频率越大的金属材料逸出功越大
- B. 只要光照射的时间足够长, 任何金属都能产生光电效应
- C. 从金属表面逸出的光电子的最大初动能越大, 这种金属的逸出功越小
- D. 入射光的光强一定时, 频率越高, 单位时间内逸出的光电子数就越多

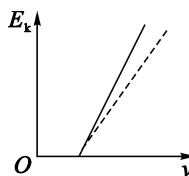
3. 用不同频率的紫外线分别照射钨和锌的表面而发生光电效应, 可得到光电子最大初动能 E_k 随入射光频率 ν 变化的 $E_k - \nu$ 图象. 已知钨的逸出功是 3.28 eV, 锌的逸出功是 3.24 eV, 若将二者的图线画在同一个 $E_k - \nu$ 坐标系中, 用实线表示钨, 虚线表示锌, 则能正确反映这一过程的图象是下图中的



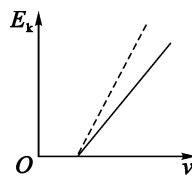
A



B



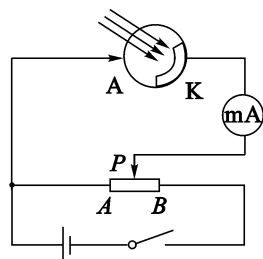
C



D

B. 能力提升

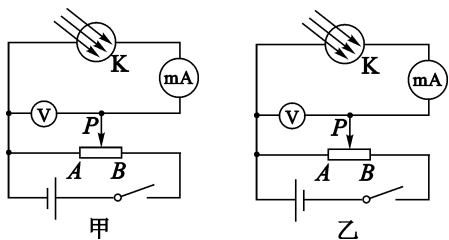
4. 利用光电管研究光电效应的实验装置如图所示, 用频率为 ν_1 的可见光照射阴极 K, 电流表中有电流通过, 则



- ()
- A. 用紫外线照射时, 电流表中不一定有电流
- B. 用红外线照射时, 电流表中一定无电流通过
- C. 用频率为 ν_1 的可见光照射阴极 K, 当滑动变阻器的滑动触头移到 A 端时, 电流表中一定无电流通过
- D. 用频率为 ν_1 的可见光照射阴极 K, 当滑动变阻器的滑动触头向 B 端滑动时, 电流表示数可能不变

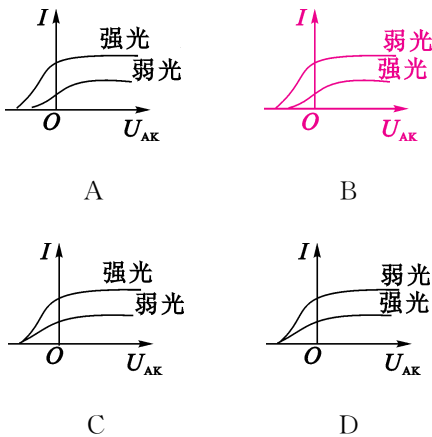
5. 如图甲所示, 闭合开关, 用光子能量为 2.5 eV 的一束光照射阴极 K, 发现电流表读数不为 0. 调节滑动变阻器, 发现当电压表读数小于 0.60 V 时, 电流表读数仍不为 0; 当电压表读数大于或等于 0.60 V 时, 电流表读数为 0. 把电路改为如图乙所示, 当电压表读数为 2 V 时, 电子到达阳极时的最大动能为

()



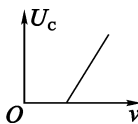
- A. 0.6 eV B. 1.9 eV
C. 2.6 eV D. 4.5 eV

6. (1) 研究光电效应的电路如图所示. 用频率相同、强度不同的光分别照射密封真空管的钠极板(阴极 K), 钠极板发射出的光电子被阳极 A 吸收, 在电路中形成光电流. 下列光电流 I 与 A、K 之间的电压 U_{AK} 的关系图象中, 正确的是 ()



(2) 钠金属中的电子吸收光子的能量后, 从金属表面逸出, 这就是光电子. 光电子从金属表面逸出的过程中, 其动能的大小 _____ (填“增大”“减小”或“不变”), 原因是 _____.

7. (2015 • 全国 I) 在某次光电效应实验中, 得到的遏止电压 U_c 与入射光的频率 ν 的关系如图



图所示. 若该直线的斜率和纵轴截距分别为 k 和 b , 电子电荷量的绝对值为 e , 则普朗克常量可表示为 _____, 所用材料的逸出功可表示为 _____.

8. (2016 • 全国 I) 现用某一光电管进行光电效应实验, 当用某一频率的光照射时, 有光电流产生. 下列说法正确的是 _____ (填正确答案标号)

- A. 保持入射光的频率不变, 入射光的光强变大, 饱和光电流变大
B. 入射光的频率变高, 饱和光电流变大
C. 入射光的频率变高, 光电子的最大初动能变大
D. 保持入射光的光强不变, 不断减小入射光的频率, 始终有光电流产生
E. 遏止电压的大小与入射光的频率有关, 与入射光的光强无关

9. (2016 • 江苏) 已知光速为 c , 普朗克常量为 h , 则频率为 ν 的光子的动量为 _____. 用该频率的光垂直照射平面镜, 光被镜面全部垂直反射回去, 则光子在反射前后动量改变量的大小为 _____.

10. (2016 • 江苏) 几种金属的逸出功 W_0 见下表:

金属	钨	钙	钠	钾	铷
$W_0/10^{-19} \text{ J}$	7.26	5.12	3.66	3.60	3.41

用一束可见光照射上述金属的表面, 请通过计算说明哪些能发生光电效应. 已知该可见光的波长范围为 $4.0 \times 10^{-7} \sim 7.6 \times 10^{-7} \text{ m}$, 普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$.

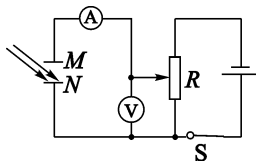
C. 拓展创新

11. 太阳帆飞船是利用太阳光的压力进行太空飞行的航天器, 设太阳帆能 100% 地反射太阳光, 1 m^2 面积上每秒接收太阳辐射的能量为 $E_0 = 1.35 \times 10^3 \text{ W}$. 已知辐射能量的太阳光平均波长为 10^{-6} m , 且不计太阳光反射时频率的变化, 普朗克常量为 $6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$. 问:

(1) 照射到太阳帆每平方米的光子数为多少?

(2) 太阳帆每平方米受到的光的压力是多少?

12. 如图所示为对光电管产生的光电子进行比荷测定的原理图. 两块平行金属板间的距离为 d , 其中 N 为锌板, 受紫外光照射后将激发出沿不同方向运动的光电子, 闭合开关 S , 电流表 A 有读数. 若调节滑动变阻器 R , 逐渐增大极板间的电压, A 表读数逐渐减小, 当电压表示数为 U 时, A 表读数恰为 0. 断开 S , 在 M 、 N 间加上垂直于纸面的匀强磁场, 当磁感应强度为 B 时, A 表读数也为 0, 求光电子的比荷 $\frac{e}{m}$ 的表达式.



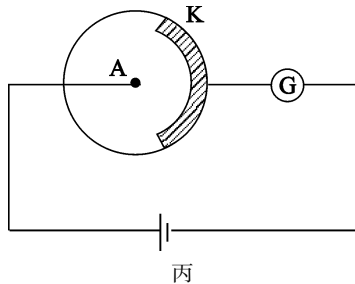
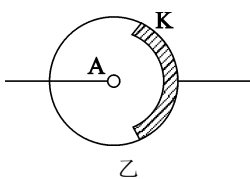
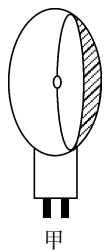
★ 科学、技术与社会

科学技术是社会前进的指路明灯, 愿你能擎起一盏

光电管的构造及工作原理

利用光电效应可将光信号转化为电信号, 而且动作迅速. 在实际中用得最多的是光电管.

光电管的种类很多, 如图甲所示是有代表性的一种. 玻璃泡里的空气已抽出, 有时管内充有少量的惰性气体, 管的内半壁涂有逸出功小的碱金属作阴极 K , 管内另有一阳极 A , 如图乙. 使用时采用如图丙所示的电路.



当光照射到阴极 K 上时, 由于发生光电效应, 就有电子从阴极上发射出来, 在电场力作用下到达阳极 A , 因而电路中就有电流流过. 照射的强度不同, 阴极发射的电子数不同, 电路中的电流不同. 因此利用光电管可将光信号转化为电信号. 光电管产生的光电流很弱, 应用时可用放大器进行放大.

利用光电管可以实现自动化控制、制作有声电影、实现无线电传真、自动计数等.