

# 合肥工业大学《大学物理 B 上》



2019-2020 学年第二学期期末考试 A 卷

答案 P5

## 一、简答题(60 分，每题 10 分，共 6 题)

1、 在两个质点组成的系统中，若质点之间只有万有引力作用，且此系统所受外力的矢量和为零，则此系统动量是否守恒？机械能是否守恒？并解释原因。

2、 惯性导航系统是一种自主式导航系统，陀螺仪是其内部一个核心部件。解释传统机械式陀螺仪可不依赖外部信息进行定向的基本物理原理。

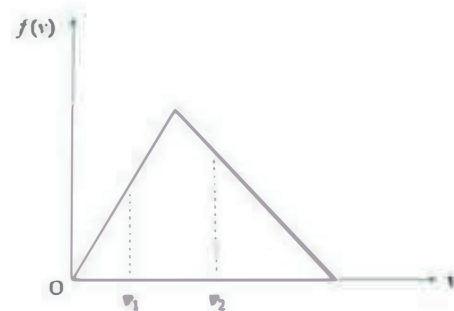
3、 结合时空观、坐标变换等方面比较伽利略相对性原理和狭义相对论相对性原理的区别和联系。

4、已知某气体速率分布函数  $f(v)$  如图所示：

(1) 红色曲线下面的面积为多少：

(2) 在图中标出单个气体分子速率介于  $v_1$  到  $v_2$  之间的概率：

(3) 写出  $v_1$  到  $v_2$  之间分子平均速率的表达式。

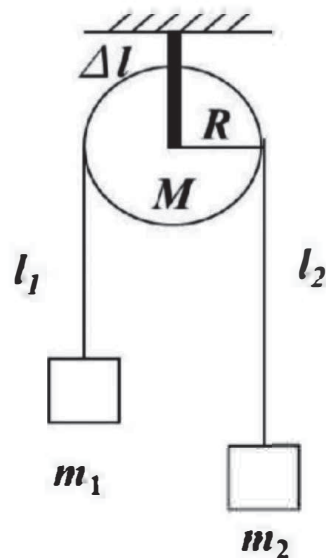


5、热机工作最少需要几个不同温度的热源，为什么？

6、请分析长为  $l$  的弹性绳中形成驻波的条件。

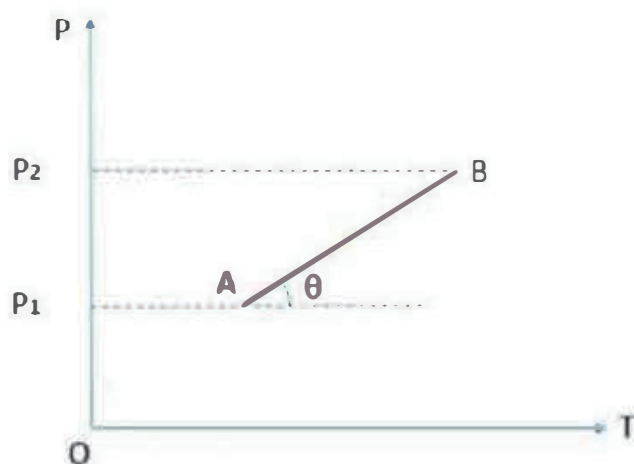
## 二、计算题 (40 分, 每题 10 分, 共 4 题)

1、(10 分) 一条质量均匀线密度为  $\lambda$  的绳子跨过一定滑轮, 滑轮可视为圆盘, 质量为  $M$ , 半径为  $R$ , 其轴承光滑, 绳两端分别悬有质量为  $m_1$  和  $m_2$  的物体 ( $m_2 > m_1$ )。绳子不可伸长, 绳与滑轮之间无相对滑动。某一时刻, 左边下垂绳长  $l_1$ , 右边下垂绳长  $l_2$ , 滑轮上方覆盖绳长为  $\Delta l$ 。求: 此时滑轮转动的角加速度  $\beta$ ?



2、(10 分) 地球上的观测者发现一艘以速率  $u = 0.6c$  向东航行的宇宙飞船, 将在 5 秒后同一个以速率  $v = 0.8c$  向西飞行的彗星相撞, 由时间延缓可知, 飞船上的钟测得还有 4 秒可供他们离开原来航线, 另飞船中的人们测得彗星将以  $0.95c$  的速率向他们靠近。求: 飞船测得彗星从初始位置到与自己相遇处的距离  $l$  为多少?

3、(10 分) 如图, 2mol 的氧气 (看作理想气体) 经历从  $A$  到  $B$  的状态变化过程, 利用图中参数计算: (1) 在该过程中氧气吸收的热量  $Q$ ; (2) 该过程的熵增  $\Delta S$ 。



4、(10 分) 有 5 束相干简谐波在介质中某一点相遇时, 它们的振幅相同, 且相位依次差  $\varphi$ , 请用旋转矢量法分析计算, 相位差  $\varphi$  满足什么条件时叠加能量最大、什么条件叠加能量最小。

# 2019-2020 学年第二学期期末考试 A 卷参考答案

## 一、简答题(60 分, 每题 10 分, 共 6 题)

- 1、【解析】(1) 根据动量守恒定律, 系统合外力为 0, 所以系统动量守恒;  
(2) 根据机械能守恒定律, 系统合外力为零, 无法判断是否只有重力做功, 所以机械能不一定守恒。例如: 若两质点在水平方向运动, 则机械能守恒, 若在竖直方向运动, 则不守恒。

【考点延伸】《考试宝典》知识点三——动量和能量守恒

- 2、【解析】高速旋转的陀螺转子具有极大的角动量, 从而具有极大的惯性, 外力难以改变角动量的大小与方向, 从而使得旋转轴所指的方向恒定。例如, 若开始时旋转轴水平放置并指向仪表的零方位, 则当物体在水平面内转弯时, 仪表就会相对于旋转轴转动, 从而给出转弯的角度和航向指示。

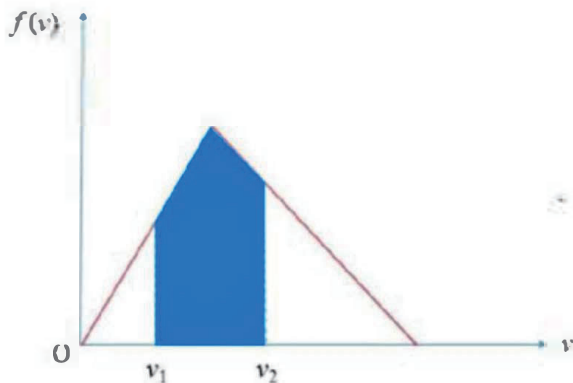
【考点延伸】《考试宝典》知识点三 3.3——动量与冲量

- 3、【解析】经典力学相对性原理只适用于描述机械运动的力学规律, 采用的是各惯性系不变的绝对时空观, 推导出的是伽利略变换, 可以保证机械力学规律的坐标变换不变性, 但不能保证电磁运动规律的坐标变换不变性, 所以本质上只适用于低速力学现象。狭义相对论的相对性原理适用于包括力学规律和电磁规律在内的一切物理定律, 采用的是各惯性系不同的相对时空观, 推导出的是相对论变换, 不但可以保证机械力学规律的坐标变换不变性, 还能保证电磁运动规律的坐标变换不变性, 所以本质上即适用于低速力学现象也适用于高速现象。

【考点延伸】《考试宝典》知识点六——相对论基础

- 4、【解析】(1) 已知  $\int_{-\infty}^{+\infty} f(v)dv=1$ , 再根据积分的几何意义, 曲线下总面积为 1。

(2) 与 (1) 同理, 概率为下图中蓝色部分面积。



$$(3) \bar{v} = \frac{\int_{v_1}^{v_2} v f(v) dv}{\int_{v_1}^{v_2} f(v) dv}$$

【考点延伸】《考试宝典》知识点十一 11.3——气体分子的速率

- 5、【解析】至少需要两个。根据热力学第二定律, 系统不可能将热全部转化功而不发生其他变化。热机从高温热源吸收的热量, 一部分转化为功, 一部分传递给低温热源。

【考点延伸】《考试宝典》知识点十 10.3——循环过程

- 6、【解析】共有两个条件必须满足。一, 绳的两端必须固定, 使得波可以被两端弹回; 二, 绳长须为半波长的正整数倍, 这样才能使得固定端处于波节处。

【考点延伸】《考试宝典》知识点十二 12.4——波的干涉与衍射

## 二、计算题 (40 分, 每题 10 分, 共 4 题)

1、【解析】设左右两边下垂绳与盘上覆盖绳相接处拉力分别为  $F_1, F_2$ , 物体加速度大小为  $a$ 。

对物体和绳进行受力分析可得:

$$m_2 g - F_2 + l_2 \lambda g = a(m_2 + l_2 \lambda), \quad F_1 - l_1 \lambda g - m_1 g = a(m_1 + l_1 \lambda)$$

将圆盘与其上覆盖绳看作一整体进行受力分析可得:

$$(F_2 - F_1)R = \left(\frac{1}{2}MR^2 + \Delta l \lambda R^2\right)\beta, \quad \beta R = a$$

将上述方程联立可得: 
$$\beta = \frac{(m_2 - m_1)g + (l_2 - l_1)\lambda g}{\left(m_1 + m_2 + \frac{1}{2}M + l_1 \lambda + l_2 \lambda + \Delta l \lambda\right)R}$$

【考点延伸】《考试宝典》知识点四 4.2——刚体动力学

2、【解析】 $l = l' \cdot v' = 4s \times 0.95c = 3.8 \times 3 \times 10^8 m = 1.14 \times 10^9 m$

【考点延伸】《考试宝典》知识点六——相对论基础

3、【解析】(1)  $T$  与  $P$  成正比, 所以该过程为等容过程。

$$Q = \nu C_v (T_2 - T_1) = 2 \times \frac{5}{2} R \times \frac{P_2 - P_1}{\tan \theta} = 5R \frac{P_2 - P_1}{\tan \theta}$$

$$(2) \Delta S = \int \frac{dQ}{T} = \int_{T_1}^{T_2} \nu C_v \frac{dT}{T} = \nu C_v \ln \frac{T_2}{T_1} = 5R \ln \frac{P_2}{P_1}$$

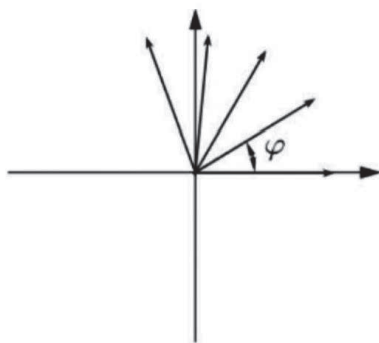
【考点延伸】《考试宝典》知识点十 10.5——熵

4、【解析】当叠加能量最大时, 5 个矢量的矢量合的模最大, 即 5 个矢量必然方向相同, 所以有:

$$\varphi = 2k\pi \quad k = 0, \pm 1, \pm 2 \dots$$

当叠加能量最小时, 5 个矢量的矢量合的模最小为 0, 此时 5 个矢量首尾相连可形成一个五边形, 由多边形性质可知:

$$5\varphi = 2\pi \text{ 且 } \varphi \neq 2k\pi \Rightarrow \varphi = \frac{2n\pi}{5} \quad \left(n = \pm 1, \pm 2 \dots \text{ 且 } \frac{n}{5} \neq 0, \pm 1, \pm 2, \dots\right)$$



【考点延伸】《考试宝典》知识点十二 12.2——振动的合成与分解