中国科学院大学 2020 年硕士研究生入学考试 普通物理（乙）

科目：普通物理（乙） 满分：150 分 考试时间：180 分钟

一、单项选择题（共 32 分，每小题 4 分）

1．（4 分）若作用于一质点系上的外力的合力为零，下列说法正确的是（ ）

A．质点系的动量守恒、角动量不一定守恒、机械能不一定守恒
B．质点系的动量守恒、角动量守恒、机械能不一定守恒
C．质点系的动量守恒、角动量守恒、机械能守恒
D．质点系的动量不一定守恒、角动量不一定守恒、机械能不一定守恒

2．（4 分）自然界中存在四种基本作用力，下面不属于四种基本力的是（ ）

A．引力　　B．弱相互作用力　　C．电磁力　　D．弹性力

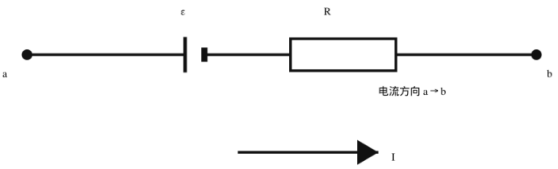
3．（4 分）波源 S 以速度 v_S 相对介质朝观察者 B 运动，观察者 B 以速度 v_B 相对介质朝波源 S 运动，二者速率均小于波速。波源振动频率为 f_0，波在介质中的传播速度为 u（远小于光速）。则观察者接收到的频率为（ ）

A．$\frac{(u+v_S)f_0}{u-v_B}$　　B．$\frac{(u-v_B)f_0}{u-v_S}$
C．$\frac{(u+v_B)f_0}{u-v_S}$　　D．$\frac{(u-v_S)f_0}{u-v_B}$

4．（4 分）当一个带电导体达到静电平衡时，下列说法正确的是（ ）

A．表面上电荷密度较大处电势较高
B．表面曲率较大处电势较高
C．导体内部的电势比导体表面的电势高
D．导体内任一点与其表面上任一点的电势差等于零

5．（4 分）在下图的电路系统中，电流 I 沿从 a 到 b 的方向流动，电源电动势为 ε（内阻忽略不计）。则两端电势差 U_a-U_b 为（ ）



第 5 题图

A．$\varepsilon-IR$　　B．$IR+\varepsilon$
C．$-\varepsilon+IR$　　D．$-IR-\varepsilon$

6．（4 分）在感应电场中电磁感应定律可写成 $\oint_L \vec{E}_K\cdot d\vec{l}=-d\Phi/dt$，式中 $\vec{E}_K$ 为感应电场的电场强度。下列说法正确的是（ ）

A．在感应电场中不能像对静电场那样引入电势的概念
B．闭合曲线 L 上 $\vec{E}_K$ 处处相等
C．感应电场是保守力场
D．感应电场的电力线不是闭合曲线

7．（4 分）把压强为 $1.0\times10^5\,\mathrm{Pa}$、体积为 $1.0\,\mathrm{m}^3$ 的氧气压入容积为 $0.5\,\mathrm{m}^3$ 的容器中，容器中原已充满压强为 $1.0\times10^5\,\mathrm{Pa}$ 且温度相同的氢气。假设容器中气体温度保持不变，下列哪一种说法正确描述了混合气体总压强 p_{tot} 以及氧气分压强 $p_{\mathrm{O_2}}$ 和氢气分压强 $p_{\mathrm{H_2}}$ 的关系（）

A．$p_{\mathrm{tot}}=5.0\times10^5\,\mathrm{Pa}$，$p_{\mathrm{O_2}}=4.0\times10^5\,\mathrm{Pa}$，$p_{\mathrm{H_2}}=1.0\times10^5\,\mathrm{Pa}$

B．$p_{\mathrm{tot}}=5.0\times10^5\,\mathrm{Pa}$，$p_{\mathrm{O_2}}=3.3\times10^5\,\mathrm{Pa}$，$p_{\mathrm{H_2}}=1.7\times10^5\,\mathrm{Pa}$

C．$p_{\mathrm{tot}}=3.0\times10^5\,\mathrm{Pa}$，$p_{\mathrm{O_2}}=2.4\times10^5\,\mathrm{Pa}$，$p_{\mathrm{H_2}}=0.6\times10^5\,\mathrm{Pa}$

D．$p_{\mathrm{tot}}=3.0\times10^5\,\mathrm{Pa}$，$p_{\mathrm{O_2}}=2.0\times10^5\,\mathrm{Pa}$，$p_{\mathrm{H_2}}=1.0\times10^5\,\mathrm{Pa}$

8．（4 分）电子、μ 子和 τ 子是三种轻子，它们的质量分别约为 $m_e=0.511\,\mathrm{MeV}/c^2$、$m_\mu=105.66\,\mathrm{MeV}/c^2$ 和 $m_\tau=1776.86\,\mathrm{MeV}/c^2$ 左右。电子具有氢原子的第一玻尔半径和康普顿波长这两个特征长度。μ 子具有较长的寿命，能够像电子那样与质子结合形成类氢原子，因此具有第一玻尔半径和康普顿波长这两个特征长度。假设 τ 子也能与质子结合形成类氢原子，那么 τ 子也将具有这两个特征长度。在此情况下，下面说法中正确的是（）

A．三者的第一玻尔半径反比于质子的质量

B．三者的第一玻尔半径正比于轻子的质量

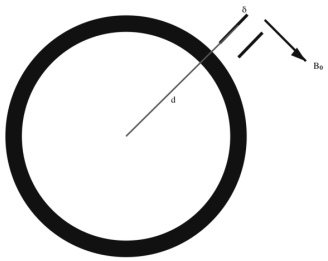
C．三者的康普顿波长正比于质子的质量

D．三者的康普顿波长反比于轻子的质量

二、简答题（共 30 分）

9．（12 分）若某多质点体系所在的质心参考系为平动非惯性系，证明该多质点体系在质心系中所有质点所受到的惯性力做功之和为零。

10．（10 分）如图，一直径为 d 的均匀磁化永磁体环，环上有一宽为 δ 的空气间隙，间隙内的磁感应强度为 B_0 且略去间隙边缘的漏磁。假定 $\delta\ll d$ 以及真空中磁导率为 μ_0，将永磁体的磁化强度用上述物理量表示出来。

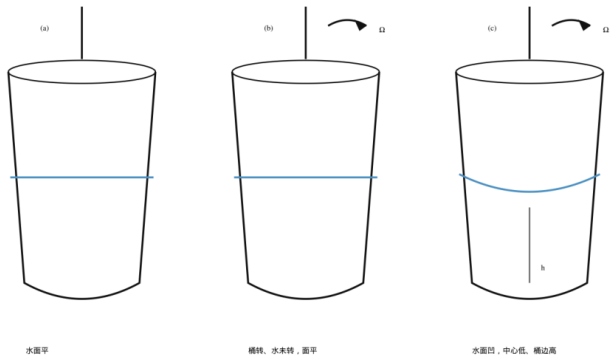


第 10 题图

11．（8 分）写出两束光干涉的必要条件。普通光源难以满足相干条件，杨氏双缝实验为何可实现基于普通白光光源的干涉?

三、水桶实验（共 20 分）

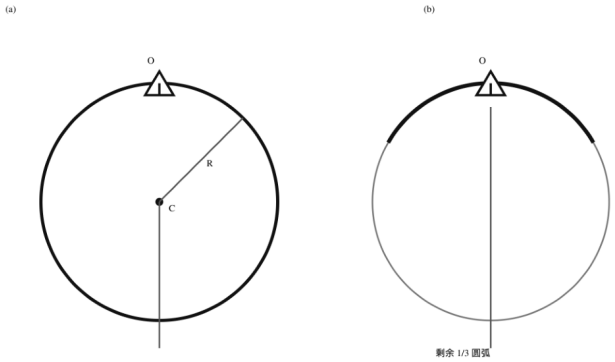
12．（20 分）1689 年牛顿的水桶实验步骤为：(a) 桶吊在长绳上，旋转多次使绳拧紧，盛水并静止，水面是平的；(b) 松开桶，绳的扭力使桶旋转，起初水未跟着转，水面仍平；(c) 桶与水界面的摩擦力带动水一起旋转，水面变成凹面，直到水与桶转速一致。此时水与桶相对静止，水面仍呈凹状，中心低、桶边高。设水与桶的角速度均为 Ω、重力加速度为 g，水面最低处距桶底 h，求图 (c) 中旋转水面的曲面方程。



第 12 题图：(a) 静止 (b) 桶转、水未转 (c) 水面凹

四、圆环摆（共 20 分）

13．（20 分）如图 (a) 所示，半径为 R 的匀质薄圆环放置于固定的刀口 O 上，令其在自身平面内、在重力作用下作微小的摆动，摆动时圆环与刀口的接触点不会移动。（1）求该圆环的摆动周期。（2）将圆环去掉 *2/3* 圆弧而刀口支于剩余圆弧的中央，平衡位置如图 (b) 中虚线圆弧所示。求此时的摆动周期。



第 13 题图：(a) 完整圆环 (b) 剩余圆弧

五、圆柱形电容器（共 20 分）

14．（20 分）圆柱形电容器由半径为 r 的圆柱导体与同轴内半径为 R 的圆筒导体构成，且恒有 $R > r$ 这一条件。圆柱导体带正电、圆筒导体带负电，两导体间充满介电常数为 ε 的介质，边缘效应忽略。介质中电场超过 E_b 时会被击穿。圆筒内半径固定，在介质不被击穿的前提下：

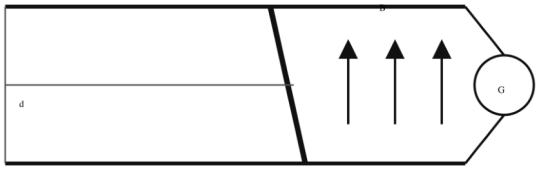
（1）圆柱形导体的半径 r 应如何选择，才能使两导体间的电势差最大？电势差最大是多少？

（2）圆柱形导体的半径 r 应如何选择，才能使电容器的储能最大？

（3）在上一问最大储能的情况下，求与导体接触处介质的两个表面各自的极化电荷面密度。

六、导轨上的金属杆（共 20 分）

15．（20 分）如图所示，质量为 m 的金属杆在间距为 d 的水平平行导轨上滑动。金属杆所受摩擦力与速度成正比，比例系数为 k；金属杆电阻为 R 且其余电阻忽略。导轨处于竖直的均匀磁场 B 中。



第 15 题图

（1）恒定电流 I 从发电机 G 流入导轨，再经另一导轨流回。$t = 0$ 时导线静止，求速度 $v(t)$。

（2）用电势差 ε 恒定的电池替代 G。求金属杆的最终速度和电源输出功率。

（3）速度恒定后，将电池换成导线，回路电阻仍为 R 不变。求金属杆继续运动的距离，以及回路焦耳热和摩擦热。

七、薄膜颜色（共 8 分）

16．（8 分）肥皂泡或者路面和水面上的油污薄膜层通常都呈现不同颜色，通常被称为“薄膜色”。现有空气中的肥皂膜，其厚度为 $0.3\,\mu\text{m}$ 且折射率为 1.3 时，若用白光垂直照射，肥皂膜呈什么颜色？注：可见光颜色与波长对应关系参见下表。

颜色	红色	橙色	黄色	绿色	蓝色	青色	紫色
波长/nm	740～625	625～590	590～565	565～500	500～485	485～440	440～380