

中国科学技术大学

2023 年本科生入学物理考试试卷

学号:

学生所在院系:

题号	填空题	11	12	13	14	总分
得分						

请将所有解答写在试卷上!

一、填空题 (共 40 分, 每题 4 分)

1. 琴弦振动的频率 ν 应如何依赖于琴弦的长度 L 、张力 F 和线密度 λ ?

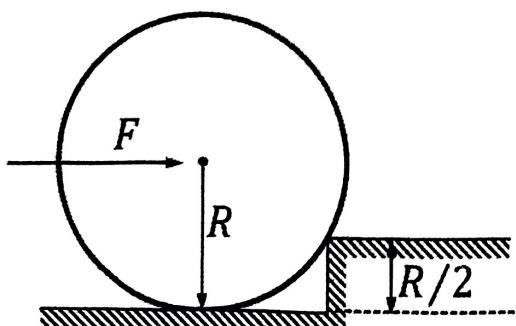
答: $\nu \propto$ _____。

2. 如图所示, 为把重为 W 、半径为 R 的轮子推上高度为 $R/2$ 的障碍物, 最小需要多大的水平力 F (作用在轮轴上) ?

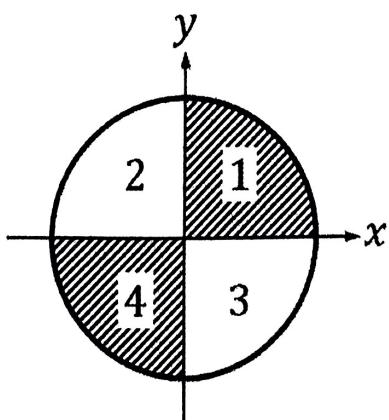
答: $F =$ _____。

3. 图中所示是一实心圆盘, 圆盘在不同象限内具有不同的密度, 数字表示各象限内的相对密度。写出通过原点和质心的直线方程。

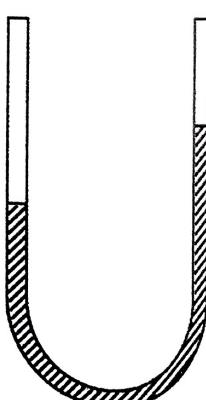
答: _____。



第2题图



第3题图



第4题图

4. 如图所示，竖直U形管压力计的内横截面 A 为常数，管内含有的液体总长度为 L ，忽略摩擦力，并假定两液面始终都保持在管的竖直直线部分内。写出液体的振动周期 T 。

答： $T = \underline{\hspace{10cm}}$ 。

5. 两个星体1和2在彼此的万有引力作用下相互环绕运动。它们相对运动轨道的长半轴为 4 AU (AU是天文学上所使用的长度单位，是太阳和地球间的平均距离)，运动周期为 2 年。则两星体的总质量 $m_1 + m_2$ 是太阳质量的多少倍？

答： $\underline{\hspace{10cm}}$ 。

6. 足够高能量的质子可以通过反应 $p + p \rightarrow p + p + (p + \bar{p})$ 产生质子-反质子对。如果碰撞前靶质子处于静止状态，为了使得该反应发生，轰击质子至少需要多大的动能 T ？已知质子质量为 m_p ，真空中的光速为 c 。

答： $T = \underline{\hspace{10cm}}$ 。

7. 两枚一元硬币相距 10 m，如果每枚硬币上的质子电荷和电子电荷有大约 1% 未彼此抵消，则它们之间的电力 F 有多大？(一枚一元硬币的质量约为 6 g)。

答： $F = \underline{\hspace{10cm}}$ (保留一位有效数字)。

8. 一个质子和两个电子位于一条直线上，若质子与两个电子之间的距离分别为 r_1 和 $r_2 (> r_1)$ 时该系统的电势能为零，则 r_1/r_2 等于多大？

答： $r_1/r_2 = \underline{\hspace{10cm}}$ 。

9. 电子在 6 GeV 的同步加速器中沿着 240 m 长的圆形轨道运动，正常情形下在加速的一个循环中约有 10^{11} 个电子在轨道上运动。电子速率几乎接近于光速。电流强度 I 是多大？

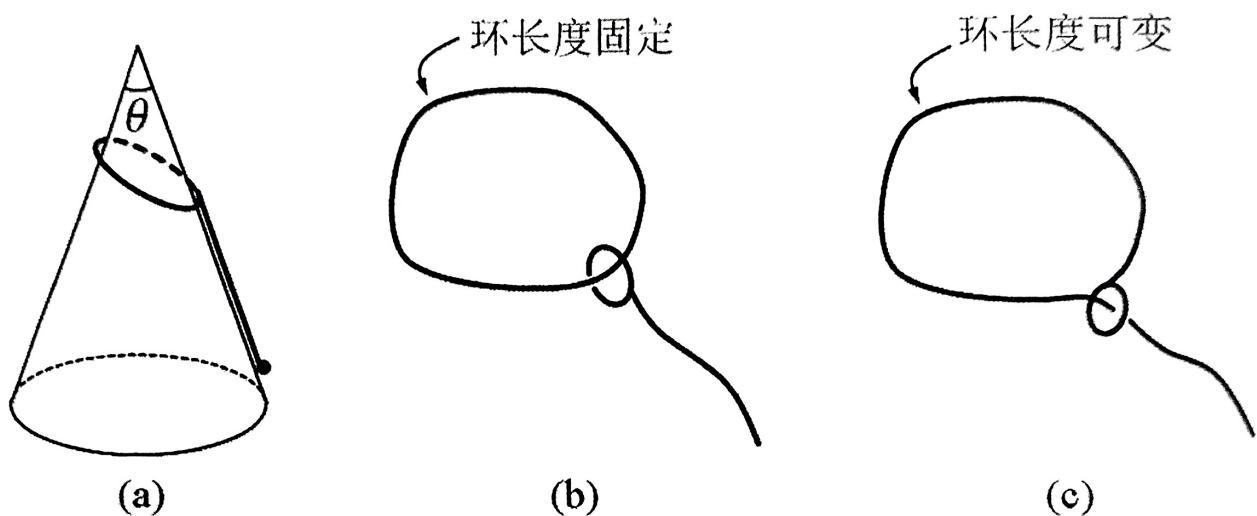
答： $I = \underline{\hspace{10cm}}$ (保留一位有效数字)。

10. 四个标称值均为 20 pF, 10 V 的电容器，其中两个并联后再与另外两个串联，则总电容 C 和可以耐受的最高电压值 V_{\max} 分别为多大？

答： $C = \underline{\hspace{10cm}}$ ； $V_{\max} = \underline{\hspace{10cm}}$ 。

二、计算题（共 60 分，每题 15 分）

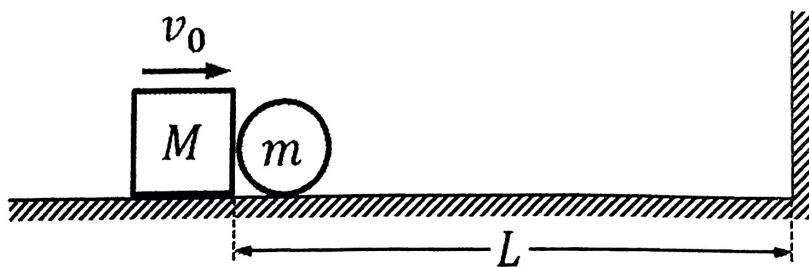
11. 为了能够爬上一座光滑的、顶角为 θ 的圆锥形高山，登山运动员将一个套索扔到山顶并沿着绳子向上爬。假设登山运动员的身高可以忽略，从而绳子始终沿着圆锥表面（如图 11a 所示）。登山运动员准备了两种套索：第一种套索如图 11b 所示，其中环的长度固定；第二种套索如图 11c 所示，其中环的长度可变。设绳子自身没有摩擦力。为了使得运动员能够沿着山向上爬，采用这两种套索时， θ 应分别满足什么条件？



第11题图

12. 如图，质量为 M 的木块在光滑桌面上以速度 v_0 正对着墙运动，木块先跟静止于桌面上、到墙的距离为 L 、质量为 m ($\leq M$) 的小球发生弹性正碰，碰撞后，小球向着墙运动、被墙反弹，然后在墙与木块之间反复碰撞。假设碰撞时间极短，且所有碰撞都是完全弹性的。并假设木块和小球的大小均可忽略不计。

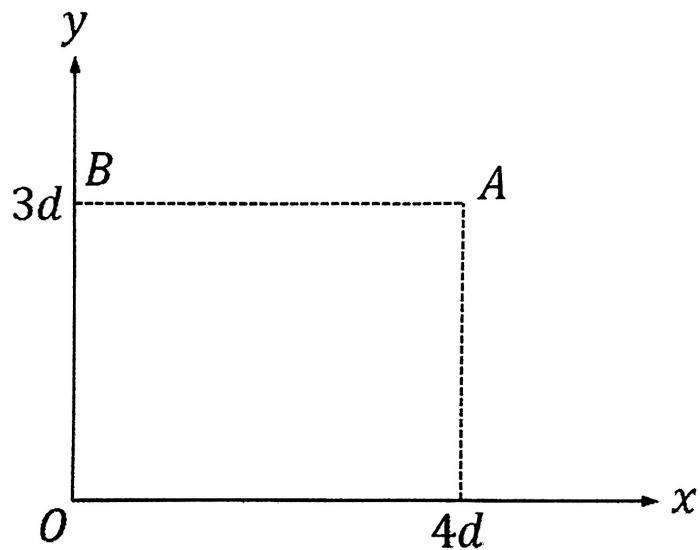
- (1) 如果第1次碰撞刚结束时木块与墙的距离最近，试确定比值 m/M (4分)。
- (2) 如果第2次碰撞刚结束时木块与墙的距离最近，试确定比值 m/M (3分)。
- (3) 如果 $M \gg m$ ，试确定木块与墙的最近距离 L_{\min} (8分)。



第12题图

13. 如图, xy 平面为一光滑水平面。在 $x > 0, y > 0$ 的空间区域内有平行于 xy 平面的匀强电场, 场强大小为 E ; 在 $x > 0, y < 3d$ 的区域内同时有垂直于 xy 平面的磁场。一质量为 m 、带有负电荷 $-q$ 的粒子从坐标原点 O 以一定的初动能入射; 在电场和磁场的作用下发生偏转, 到达坐标为 $(4d, 3d)$ 的 A 点时, 动能变为初动能的 $1/6$, 速度方向则平行于 y 轴正方向。最后, 粒子从 y 轴上 $y = 3d$ 的 B 点射出电场, 动能变为初动能的 $7/10$ 。

- (1) 求 OA 连线上与 B 点等电势的 C 点的坐标, 并由此确定电场的方向 (7分)。
- (2) 求粒子由 A 点运动到 B 点所需的时间 (4分)。
- (3) 求粒子的初始动能 (4分)。



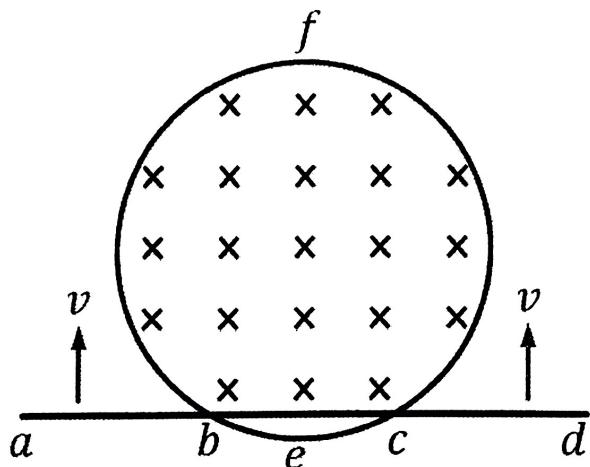
第13题图

14. 如图, 半径为 R 的圆形区域内有随时间变化的匀强磁场, 磁感应强度随时间按照方式 $B = B_0 \sin \omega t$ 变化, 其中 B_0 和 ω 均为大于零的常数, $B > 0$ 表示磁场方向垂直于纸面向内。一长为 $3R$ 的金属直杆 ad 处在圆形区域所在平面, 并以速度 $v = \omega R / 4$ 扫过磁场区域。设在 $t_0 = \pi / (3\omega)$ 时刻, 杆运动到图示位置, 此时杆的 bc 段恰好处在磁场内, ab 段和 cd 段位于磁场之外, $ab = bc = cd = R$ 。

(1) 求 t_0 时刻金属杆中的感应电动势 (5分)。

(2) 求 t_0 时刻 a 点与 d 点的电势差 V_{ad} (2分)。

(3) 若圆形区域的边界固定着一个导体线圈, 金属杆与导线圈保持接触, 求 t_0 时刻 b 点与 c 点的电势差 V_{bc} 。已知杆的 bc 段、导线圈的 bec 段和 bfc 段的电阻均为 r (8分)。



第14题图