第 43 届全国中学生物理竞赛预赛试题

（2026 年 9 月 5 日 9:00-12:00）

考生须知

1. 本试题共 6 页，总分为 400 分。

2. 需要阅卷老师评阅的内容必须要写在答题纸上相应题号后面的空白处；阅卷老师只评阅答题纸上的内容；选择题和填空题也必须在答题纸上作答；写在试题纸和草稿纸上的解答都不能给分。

一、选择题（本题 60 分，共 5 小题，每小题 12 分。在每小题给出的 4 个选项中，有的小题只有一项符合题意，有的小题有多项符合题意。将符合题意的选项前面的英文字母写在答题纸上相应小题题号后面的括号内。全部选对的给 12 分，选对但不全的给 6 分，有选错或不答的给 0 分。）

1. 正午阳光灿烂，小池塘中一片树叶静浮在平静的水面上。池塘水深 1 m，池底水平。水的折射率为 $\frac{4}{3}$. 在太阳从树叶正上方经过的瞬间，树叶的影子在池底的移动速度大小最接近

A. 55 μm/s　　B. 73 μm/s　　C. 3.1 mm/s　　D. 4.2 mm/s

2. 一种新型用于癌症治疗的硼中子俘获疗法的原理是：先使含硼的药物富集于肿瘤细胞，然后用热中子照射肿瘤区域；硼俘获热中子发生核反应

$$^{10}_{5}\mathrm{B}+{}^{1}_{0}\mathrm{n}\rightarrow{}^{7}_{3}\mathrm{Li}+{}^{4}_{2}\mathrm{He}$$

产生的 $^{7}_{3}\mathrm{Li}$ 核和 $^{4}_{2}\mathrm{He}$ 核能杀伤肿瘤细胞。假设反应前 $^{10}_{5}\mathrm{B}$ 核静止，热中子动能可忽略，反应产物的速度远小于光速 c；中子和各相应原子的质量如表 2a 所示。已知原子质量单位 1u= 931.5 MeV/c^2。反应产生的 $^{4}_{2}\mathrm{He}$ 核的动能最接近

表 2a

粒子种类	$^{10}_{5}\mathrm{B}$	$^{1}_{0}\mathrm{n}$	$^{7}_{3}\mathrm{Li}$	$^{4}_{2}\mathrm{He}$
质量（u）	10.0129	1.0087	7.0160	4.0026

A.　1.01 MeV　　B.　1.27 MeV　　C.　1.78 MeV　　D.　2.79 MeV

3. 一固定在水平面上的圆柱形水杯下端侧面有一小孔，小孔面积是水杯横截面积的 $\frac{1}{n}$（n >>1）倍。重力加速度大小为 g. 打开小孔。水流稳定时，杯中水的质量为 m. 此时水杯受到水平流出的水的作用力（以水刚流出的方向为正方向）为

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

4. 一带正电荷的小球用不可伸长的绝缘细线悬挂于固定点，整个装置置于竖直向下的足够强的匀强磁场中。现将小球拉离平衡位置 O 点，由静止释放，小球开始摆动。从悬挂点正上方俯视，下列关于小球运动轨迹的图示中，可能正确的是



A　　B　　C　　D

5. 人类在 2015 年首次探测到了双黑洞并合产生的引力波。记双黑洞的质量分别为 M 和 m，它们以角速度 ω 绕其质心做准圆周运动，双黑洞引力辐射功率为

$$P = k\frac{G^{\alpha}\omega^{\beta}}{c^{\gamma}}\frac{(Mm)^2}{(M+m)^{2/3}}$$

式中 c 为真空中的光速，G 为引力常量，k 为无量纲常数。指数 α、β、γ 应满足

A. $2\alpha+\beta-\gamma=3$　　B. $3\alpha-\gamma=2$

C. $3\alpha+\beta-2\gamma=1$　　D. $\alpha=\frac{7}{3}$

二、填空题（本题 100 分，共 5 小题，每小题 20 分，每空 10 分。把答案填在答题纸上相应题号后面的下横线上。只需给出结果，不要写出求得结果的过程。）

6. 一块小石头竖直下落到水里，在水面形成以落点为圆心的若干个圆形水波向外传播。记水波的波长为 λ，周期为 T，传播速度为 v，三者满足关系式_____。现以相同高度、相等的时间间隔 Δt，在一条直线上间距为 d 的各点处依次由静止释放小石子，会在水面依次激发多个水面波，如图 6a 所示。在满足 $\Delta t<\frac{d}{v}$ 的条件下，它们向外传播，其波前的公切线如图 6a 中的长虚线所示。已知此水面波的波速与周期还满足关系 $2\pi v=gT$，其中 g 为重力加速度的大小。设该公切线在水面上的法向与石子连线的夹角为 θ，则 $\cos\theta$ 为_____（用 Δt、d、λ、g 表示）。

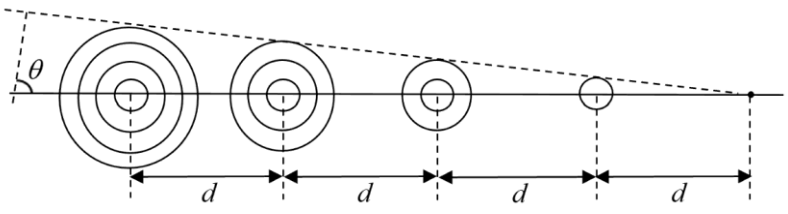


图 6a

7. 将地球表面附近的空气视为稳定分布的理想气体。考虑高度差为 Δz 的一层空气，其顶部和底部的压强差为 Δp，记此层内空气的平均温度为 T，平均压强为 p，平均摩尔质量为 μ，重力加速度大小为 g，摩尔气体常量为 R，则 $\dfrac{\Delta p}{\Delta z}=$ _____。若不同高度的空气之间没有热传递，则在所考虑的空气层的顶部和底部的温度差随相应的压强差的变化满足关系 $\Delta T=\alpha\dfrac{T}{p}\Delta p$. 取 $g=9.8\ \mathrm{m\cdot s^{-2}}$，$\alpha=\dfrac{2}{7}$，$R=8.31\ \mathrm{J\cdot K^{-1}\cdot mol^{-1}}$，$\mu=29\ \mathrm{g\cdot mol^{-1}}$，由此估算每上升 1.0 km，空气温度下降_____K（结果保留两位有效数字）。

8. 某智能快充系统可简化为如图 8a 所示的电路，其中电源电动势恒为 E，内阻为 r，电阻 R 的阻值由快充系统实时调节，以优化充电过程。被充电的电池可等效为电容 C 与电阻 R_0（$R_0=r$）的串联组合。系统内置有恒流、恒功率两种充电模式。设电容初始电压为零。若采用恒流模式充电，始终保持回路电流 $I_0=\dfrac{E}{4r}$ 不变，则电容电压从 0 充到 $\dfrac{E}{2}$ 所需的时间为_____；若采用恒功率模式充电，使电容充电功率始终不变，则充电过程中回路电流随电容电压 U_C 增大而_____（填“增大”、“减小”或“不变”），且该模式无法从 $U_C=0$ 开始实施。

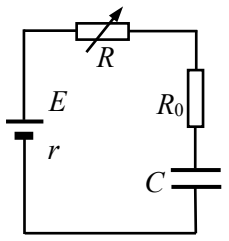


图 8a

9. 如图 9a，水平面内固定有两根足够长的光滑平行导轨，导轨间距为 d，电阻不计；导轨左端接入两个单刀双掷开关 S_1、S_2，在电容器和线圈之间串联一理想二极管，在线圈和电源之间串联一电阻；导轨置于竖直向下的匀强磁场中，磁感应强度大小为 B；一电阻不可忽略的导体棒静止置于导轨上，且与导轨垂直。初始时，S_1 拨向 a，S_2 在 c、d 之间来回切换足够多次后，将 S_1 拨向 b，则导体棒将沿导轨开始向_____（填“左”或“右”）运动。若导体棒在运动过程中所受空气阻力与速度成正比，比例系数为 k，测得导体棒在导轨上运动的总路程为 x，可知在 S_1 拨向 b 的瞬间，电容器上的电荷量为_____。

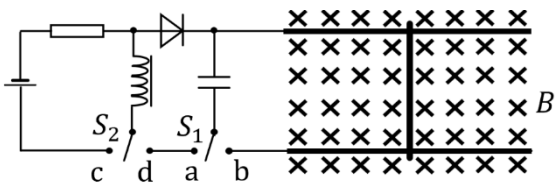


图 9a

10. 如图 10a，置于粗糙斜面上的物块 A 与置于粗糙水平面上的物块 B，由不可伸长的轻绳跨过轻质光滑滑轮组相连，物块 C 挂在动滑轮下端；整根轻绳处于斜面的正截面内，斜面上的绳与斜面平行，动滑轮两侧的绳沿竖直方向，水平面上的绳水平。已知 A、B 和 C 的质量分别为 m、$4m$ 和 $4m$；A

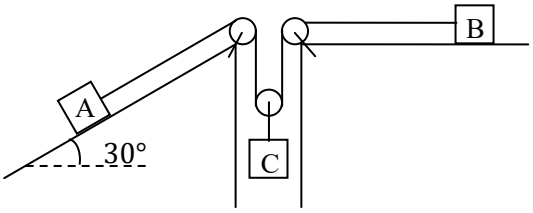


图 10a

所在斜面的倾角为30°，A 与斜面间的动摩擦因数为$\frac{\sqrt{3}}{5}$；B 与水平面间的动摩擦因数为$\frac{1}{5}$，重力加速度大小为g. 初始时用外力使系统保持静止，绳处于张紧状态；撤除外力，当 C 由静止下落高度h时，A 的位移大小为_____，轻绳的张力大小为_____。A、B 在运动过程中均未与定滑轮碰撞。

二、计算题（本题 240 分，共 6 小题，每小题 40 分。计算题的解答应写出必要的文字说明、方程式和重要的演算步骤，只写最后结果的不给分。有数值计算的，答案中必须明确写出数值，有单位的必须写出单位。）

11. 在攀岩运动中，攀登者通过绑定弹性绳索防止坠落受伤。如图 11a，攀岩时，跨过保护点（相当于光滑定滑轮）的弹性绳将攀登者与固定端连接，固定端和攀登者之间的绳索未受力时自然长度为L。设弹性绳的劲度系数为$\frac{C}{L}$，其中C为常量。一质量为m的攀登者，在保护点上方发生坠落，此时绳索未张紧。在自由坠落距离H后，绳索开始伸长。忽略空气阻力和人的横向摆动，重力加速度大小为g. 不计绳的质量。



图 11a

（1）试导出绳的最大伸长ΔL所满足的代数方程；

（2）求绳对攀登者的最大拉力的大小F与H的关系；

（3）当H趋于 0 时，F为何值？在此极限下，绳索从最大伸长恢复到原长所用的时间t为多少？

（4）定义冲坠系数为$f=\frac{H}{L}$. 取$C=2.0\times10^4\ \mathrm{N\cdot m}$，$m=60\ \mathrm{kg}$，$g=9.8\ \mathrm{m/s^2}$. 人能承受的最大拉力为 12 kN，求人承受最大拉力时对应的冲坠系数f_{C}.

12. 当带电粒子从弱磁场区域向强磁场区域运动时，在某些条件下会被“反射”回来（磁镜效应）。考虑一个理想化的关于z轴对称的磁镜磁场，其示意图如图 12a 所示：磁场沿z轴方向缓慢增强，在z轴附近的磁感应强度的z分量的形式为$B_z=B_0+kz$（$k>0$且很小）。一质量为m、电荷量为q（$q>0$）的粒子，从原点 O 附近以初速度v_0（远小于光速）射入，速度方向与z轴正方向的夹角为θ_0（$0<\theta_0<90°$）。此后，粒子在每个回旋周期内可视为绕z轴做近似闭合的回旋运动，粒

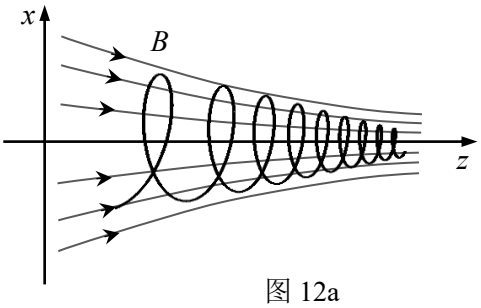


图 12a

子离开或趋近z轴的径向速度分量远小于其环绕 z 轴的速度分量。每个回旋轨道包围的磁通量近似相等，不计重力。

（1）记粒子速度垂直于z轴的分量的大小为$v_\perp$，求粒子在每个回旋周期内近似做圆周运动的半径 r（用$v_\perp$、B_z、m 和 q 表示）；

（2）证明，在题给条件下，粒子在运动过程中，其磁矩 $\mu \equiv \dfrac{mv_\perp^2}{2B_z}$ 近似为常量；

（3）若粒子在$z = L$处被“反射”，求 θ_0 的正弦以及粒子从出发到返回至$z = 0$平面所需的时间。

13. 从月球表面发射一物体，在随月球中心平动的参考系中，可定义三种宇宙速度：

月球第一宇宙速度 v_1：发射物体绕月球飞行所需的最小速度；

月球第二宇宙速度 v_2：发射物体脱离月球引力所需的最小速度；

月球第三宇宙速度 v_3：发射物体脱离地-月系统引力所需的最小速度。

已知月球绕地球近似做匀速圆周运动，其轨道半径为 $R_1 = 3.84\times10^8$ m，周期为 $T_1 = 27.32$ d；$v_1 \approx 1.68$ km/s．忽略月球的自转。仅根据本题所给数据，求

（1）月球绕地球的轨道运动速度的大小；

（2）v_2 的大小；

（3）v_3 的大小。

14. 如图 14a，空间中存在一个沿 z 轴正方向的均匀磁场，磁感应强度大小 $B_0 = 1.0\times10^{-4}$ T．同时存在一个方向沿z轴的电场，其强度为 $E = E_0(1-az)$，其中 $E_0 = 0.50$ N/C，$a = 2.0$ m^{-1}．一质量为 $m = 1.6\times10^{-26}$ kg、电荷量为 $q = 1.6\times10^{-18}$ C 的带电粒子，从原点 O(0,0,0) 以初速度 $v_0 = 1.0\times10^4$ m/s 沿x轴正向射入。不计空气阻力及重力。

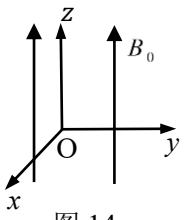


图 14a

（1）求粒子在运动过程中的最大速度及在z方向上的最大位移；

（2） 求粒子在z方向的位移随时间的变化关系，以及粒子达到z方向上最大位移时的x、y坐标；

（3）粒子能否回到原点？若能，求粒子从射入开始到第一次返回原点所用的时间；若不能，请说明理由。

15. 如图 15a，一固定的斜面长度为L，与水平面的夹角为θ，斜面底端固定有垂直于斜面的薄挡板；将一个可视为质点的滑块置于斜面顶端，在$t=0$时刻由静止释放滑下。滑块与斜面的动摩擦因数为μ，$\mu<\tan\theta$. 滑块与挡板之间发生弹性正碰。重力加速度大小为g，忽略空气阻力。每次碰撞的持续时间极短。

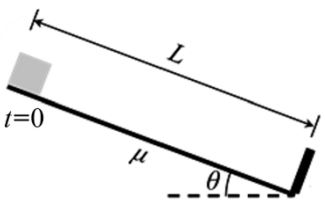


图 15a

（1）求物块与挡板首次碰撞的时刻t_1.

（2）求物块停止运动的时刻 T_1 .

（3）如图 15b，若在$t=\Delta t$时刻（ $\Delta t<T_1-t_1$），在斜面顶端再由静止释放一个同样的滑块，两滑块间的碰撞是弹性的。求两滑块都停止运动的时刻 T_2 .

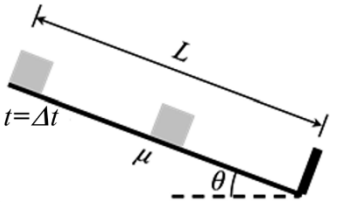


图 15b

16. 一检测手机屏幕因电池鼓包（拱柱）导致的弯曲的装置示意图如图 16a 所示，其中拱柱的侧面与竖直面（纸面）垂直，弧$\overset{\frown}{AB}$是拱柱与纸面的交线（近似为圆弧）：激光器发出的水平光线从$\overset{\frown}{AB}$上最高点 P 的上方掠过，垂直照射到屏幕中央的 O 点。为了测量该交线在 P 点处的曲率半径，取弧$\overset{\frown}{AB}$上 P 点两边邻近的两点 A 和 B，将一长方体玻璃块置于拱柱上，其底面与$\overset{\frown}{AB}$相切于 A 点。激光在玻璃块上的入射面与出射面平行，相距为 s，但折射光不在纸面内，在屏幕上的照射点偏移至 O 点左上方，到 O 点的距离为d_{A}，该偏移方向与竖直方向的夹角为θ_{A}；再移动此玻璃块使其底面与$\overset{\frown}{AB}$相切于 B 点，光线经玻璃块后在屏幕上的照射点偏移至 O 点右下方，到 O 点距离为d_{B}，与竖直方向的夹角为θ_{B}，如图 16b 所示。已知$\overset{\frown}{AB}$的弧长为 l，所对应的圆心角很小；空气折射率为 n_1，玻璃折射率为n_2；d_{A}、d_{B}均远小于 s. 当θ很小时，$\sin\theta\approx\theta$. 求

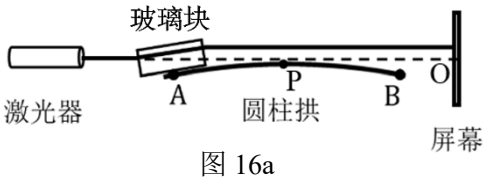


图 16a

（1）光线在进入点 A 处的玻璃块时的偏转角度；

（2）光线在进入点 A 处的玻璃块时与入射面法线的夹角；

（3）$\overset{\frown}{AB}$对应的圆心角及$\overset{\frown}{AB}$弧上 P 点的曲率半径。

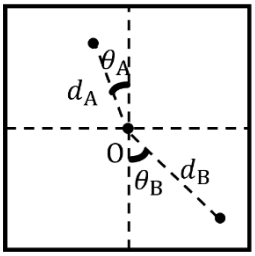


图 16b