2021 北京西城高三二模

物　　理

2021.5

本试卷共 10 页，100 分。考试时长 90 分钟。考生务必将答案写在答题卡上，在试卷上作答无效。考试结束后，将本试卷和答题卡一并交回。

第一部分

本部分共 14 题，每题 3 分，共 42 分。在每题列出的四个选项中，选出最符合题目要求的一项。

1．以下核反应方程中属于　　衰变的是

A．$^{24}_{11}\mathrm{Na}\rightarrow{}^{24}_{12}\mathrm{Mg}+{}^{0}_{-1}\mathrm{e}$

B．$^{235}_{92}\mathrm{U}+{}^{1}_{0}\mathrm{n}\rightarrow{}^{140}_{54}\mathrm{Xe}+{}^{94}_{38}\mathrm{Sr}+2{}^{1}_{0}\mathrm{n}$

C．$^{2}_{1}\mathrm{H}+{}^{3}_{1}\mathrm{H}\rightarrow{}^{4}_{2}\mathrm{He}+{}^{1}_{0}\mathrm{n}$

D．$^{14}_{7}\mathrm{N}+{}^{4}_{2}\mathrm{He}\rightarrow{}^{17}_{8}\mathrm{O}+{}^{1}_{1}\mathrm{H}$

2．下列说法正确的是

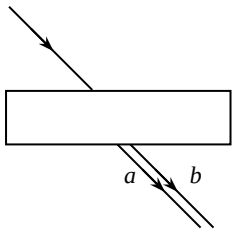
A．液体温度越高，布朗运动越明显，液体分子热运动的平均动能越大

B．内能是物体中所有分子热运动动能的总和

C．气体膨胀对外做功，其内能一定减小

D．气体吸热且温度升高，分子的平均动能有可能不变

3．如图所示，一束可见光穿过平行玻璃砖后，分为 *a*、*b* 两束单色光。则



A．玻璃对 *b* 光的折射率较大

B．在真空中 *a* 光的速度大于 *b* 光的速度

C．*a* 光光子能量大于 *b* 光光子能量

D．如果 *b* 光是绿光，那么 *a* 光可能是红光

4．一简谐机械波沿 *x* 轴正方向传播，波长为 λ，周期为 *T*。*t*=0 时刻的波形如图 1 所示，*a*、*b*、*c* 是波上的三个质点。图 2 是波上某一质点的振动图像。下列说法正确的是

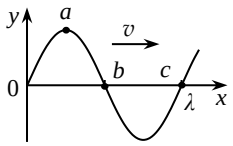


图 1

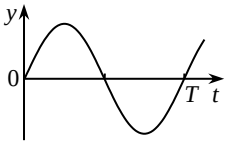


图 2

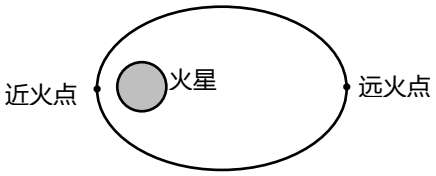
A．t=0 时，质点 a 的加速度比质点 b 的小

B．质点 b 和质点 c 的速度方向总是相同的

C．图 2 可以表示质点 b 的振动

D．图 2 可以表示质点 c 的振动

5．2021 年 2 月 24 日，“天问一号”火星探测器经过 200 多天的飞行，成功进入椭圆形的轨道绕火星运动，开展对火星的观测，并为着陆火星做好准备。如图所示，在“天问一号”沿椭圆轨道由“远火点”向“近火点”运动的过程中，下列说法正确的是



A．火星对探测器的引力逐渐减小

B．探测器的速度逐渐减小

C．引力对探测器做负功，探测器的势能逐渐减小

D．引力对探测器做正功，探测器的动能逐渐增大

6．如图 1，A、B 是某电场中一条电场线上的两点，一个负电荷从 A 点由静止释放，仅在静电力的作用下从 A 点运动到 B 点，其运动的 v-t 图像如图 2 所示。则 A、B 附近的电场线分布情况可能是

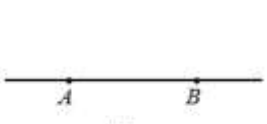


图 1

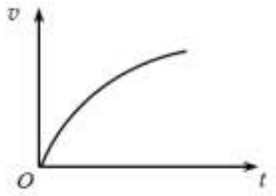
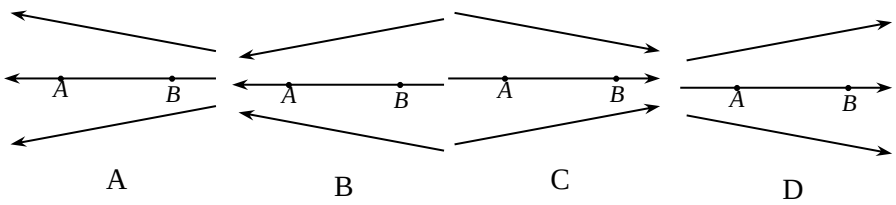
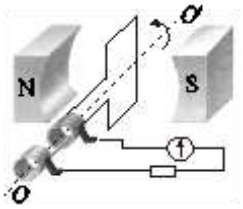


图 2



A　　B　　C　　D

7．右图为交流发电机的示意图，矩形线圈在匀强磁场中绕垂直于磁场的轴 OO'匀速转动，发电机的电动势随时间的变化规律为 e =20sin100πt (V)。下列说法正确的是



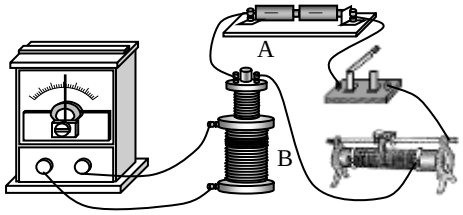
A．此交流电的频率为 100Hz

B．此交流电动势的有效值为 20V

C．当线圈平面转到图示位置时产生的电动势最大

D．当线圈平面转到平行于磁场的位置时磁通量的变化率最大

8．如图所示，线圈 A 通过滑动变阻器和开关连接到电源上，线圈 B 的两端连到电流表上，把线圈 A 装在线圈 B 的里面。实验中观察到，开关闭合瞬间，电流表指针向右偏转，则



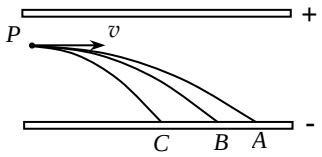
A．开关断开瞬间，电流表指针不偏转

B．开关闭合瞬间，两个线圈中的电流方向可能同为顺时针或逆时针

C．开关闭合，向右移动滑动变阻器的滑片，电流表指针向右偏转

D．开关闭合，向上拔出线圈 A 的过程中，线圈 B 将对线圈 A 产生排斥力

9．具有相同质子数和不同中子数的原子称为同位素。让氢的三种同位素原子核（${}_1^1\mathrm{H}$、${}_1^2\mathrm{H}$ 和 ${}_1^3\mathrm{H}$）以相同的速度从带电平行板间的 P 点沿垂直于电场的方向射入电场，分别落在 A、B、C 三点，如图所示。不计粒子的重力，则



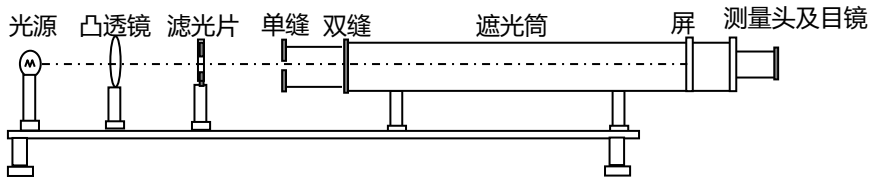
A．三种粒子在电场中运动的时间相同

B．三种粒子在电场中运动的过程中电势能的变化量相同

C．落在 A 点的是 ${}_1^1\mathrm{H}$

D．到达负极板时，落在 C 点的粒子的动能大于落在 A 点的粒子的动能

10．某同学用如图所示的实验装置观察光的干涉现象。他使用绿色的滤光片，在目镜中观察到了一定数量的绿色条纹。若要增加从目镜中观察到的条纹个数，以下措施可行的是



A．增大单缝到双缝的距离

B．换用间距更大的双缝

C．换用更长的遮光筒

D．换用红色的滤光片

11．如图 1 所示，地面上方高度为 d 的空间内有水平方向的匀强磁场，质量为 m 的正方形闭合导线框 $abcd$ 的边长为 l，从 bc 边距离地面高为 h 处将其由静止释放，已知 $h > d > l$。从导线框开始运动到 bc 边即将落地的过程中，导线框的 v-t 图像如图 2 所示。重力加速度为 g，不计空气阻力，以下有关这一过程的判断正确的是

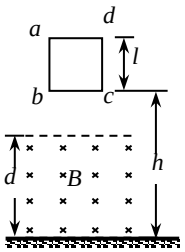


图 1

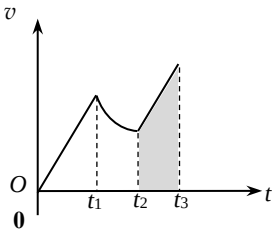


图 2

A．t_1~ t_2 时间内导线框受到的安培力逐渐增大

B．磁场的高度 d 可以用 v-t 图中阴影部分的面积表示

C．导线框重力势能的减少量等于其动能的增加量

D．导线框产生的焦耳热大于 mgl

12．蹦床是体操运动的一种，有“空中芭蕾”之称。为了能够更好地完成空中动作，在网上准备阶段运动员要设法使自己弹得足够高。如图所示，蹦床的中心由弹性网面组成，若运动员从离水平网面 3m 高处由静止自由下落，着网后沿竖直方向回到离水平网面 5m 高处，则在此过程中



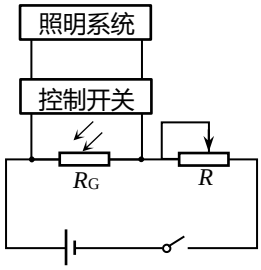
A．只有重力对运动员做功，运动员的机械能守恒

B．运动员的机械能增加，是因为弹性网弹力对运动员做正功

C．弹性网弹力对运动员的冲量大小等于运动员重力的冲量大小

D．弹性网弹力对运动员的冲量大小大于运动员重力的冲量大小

13．为了节能和环保，一些公共场所用光敏电阻制作光控开关来控制照明系统，右图为电路原理图。图中，直流电源电动势为 3V，内阻可不计，R 为可变电阻，R_G 为光敏电阻，其在不同照度下的阻值如下表（照度是描述光的强弱的物理量，光越强照度越大，lx 是它的单位）。若控制开关两端电压升至 2V 时将自动开启照明系统，则以下说法正确的是



照度/lx	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2
电阻 R_G/k	75	40	28	23	20	18

A．若将 R 接入电路的阻值调整为 20 k ，则当照度降低到 0 lx 时启动照明系统

B．若要使照明系统在照度降低到 0.8 lx 时启动，则要将 R 接入电路的阻值调整为 46 k

C．R 接入电路的阻值不变时，照度越大，控制开关两端的电压越大

D．若要在光照更暗时启动照明系统，应将 R 接入电路的阻值调大

14．我国的月球探测计划“嫦娥工程”分为“绕、落、回”三步。“嫦娥五号”的任务是“回”。2020 年 11 月 24 日，“嫦娥五号”成功发射，它分为四部分：着陆器、上升器、轨道器和返回器。12 月 3 日，载着珍贵“月壤”的嫦娥 5 号“上升器”发动机点火，以“着陆器”作为发射台，从月面起飞（如图 1），回到预定环月轨道，与绕月飞行的“轨道器与返回器组合体”成功交会对接（如图 2），将珍贵的“月壤”转移到“返回器”中。12 月 17 日，“返回器”进入月地转移轨道重返地球，以超高速进入大气层。由于速度太快会使得“返回器”与空气剧烈摩擦产生高温，高温会对“月壤”产生不利影响，甚至温度过高，返回器有燃烧殆尽的风险。为避免这些风险，采用“半弹道跳跃式返回”俗称“太空打水漂”的方式两次进入大气层，梯次气动减速（如图 3）。最终在预定地点平稳着陆。根据以上信息，判断下列说法正确的是



图 1



图 2

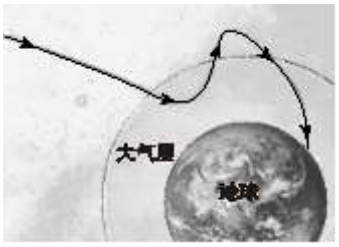


图 3

A．“上升器”从点火上升到回到预定环月轨道的过程中，“月壤”一直处于超重状态

B．“月壤”随“返回器”进入环月轨道后，“返回器”的弹力给“月壤”提供向心力

C．为了利用地球自转，节省燃料，“嫦娥五号”应采用由东向西发射

D．为了利用地球自转，降低回收过程中的风险，“返回器”应采用由西向东进入大气层回收

第二部分

本部分共 6 题，共 58 分。

15．（9 分）

用图 1 所示的装置做“用单摆测重力加速度”的实验。

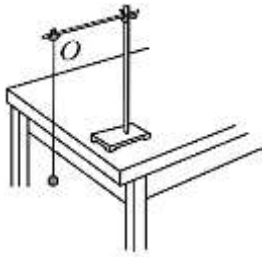


图 1

（1）组装单摆时，应该选用____。（用器材前的字母表示）

A．长度为 1m 左右的细线

B．长度为 30cm 左右的细线

C．直径约为 1.8cm 的塑料球

D．直径约为 1.8cm 的钢球

（2）如图 2 所示，用游标卡尺测量摆球直径。摆球直径 d =_____cm。

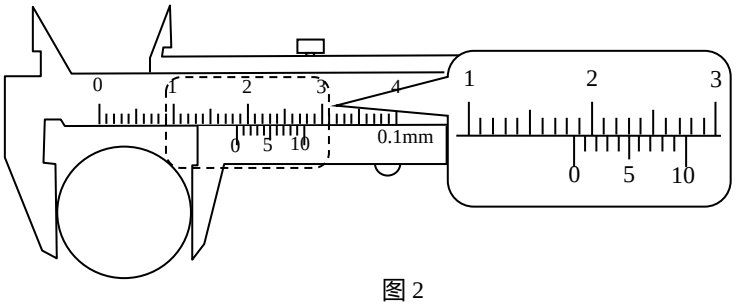


图 2

（3）甲同学测量了 6 组数据，在坐标纸上描点作图得到了如图 3 所示的图像，其中 T 表示单摆的周期，L 表示单摆的摆长。用 g 表示当地的重力加速度，图线的数学表达式可以写为 T^2 = _____（用题目所给的字母表示）。由图像可计算出当地的重力加速度 g = _____m/s^2 (π 取 3.14，计算结果保留两位有效数字)。

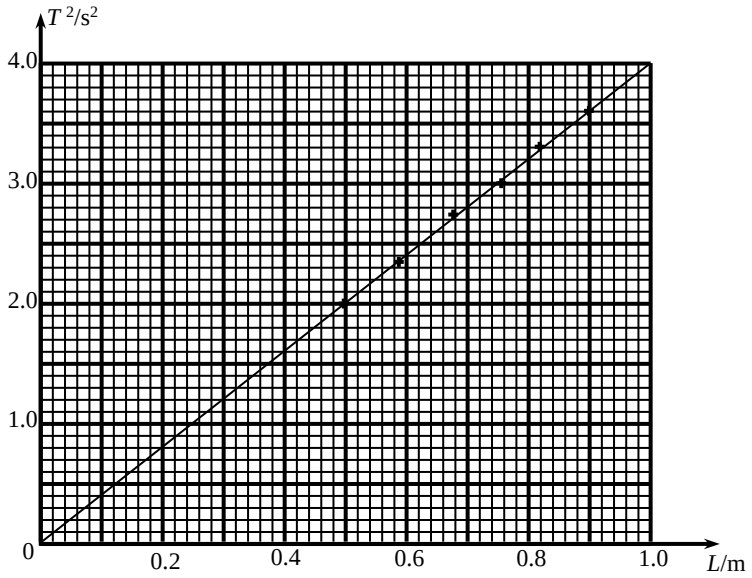


图 3

（4）乙同学在实验中操作不当，使得摆球没有在一个竖直平面内摆动。他认为这种情况不会影响测量结果，所以他仍然利用所测得的运动周期根据单摆周期公式计算重力加速度。若将小球的实际运动看作是在水平面内的圆周运动，请通过推导，分析乙同学计算出的重力加速度与真实值相比是偏大还是偏小。

16．（9 分）

在“用传感器观察电容器的充放电过程”实验中，按图 1 所示连接电路。电源电动势为 8.0V，内阻可以忽略。单刀双掷开关 S 先跟 2 相接，某时刻开关改接 1，一段时间后，把开关再改接 2。实验中使用了电流传感器来采集电流随时间的变化情况。

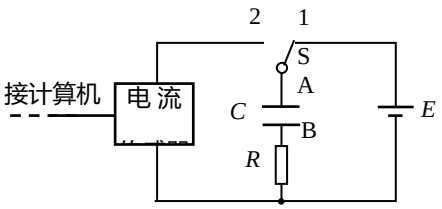


图 1

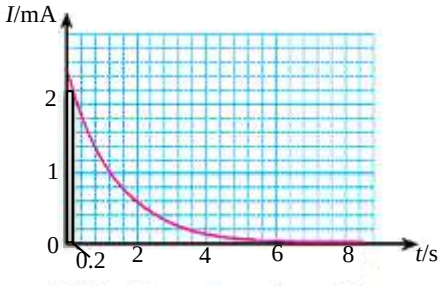


图 2

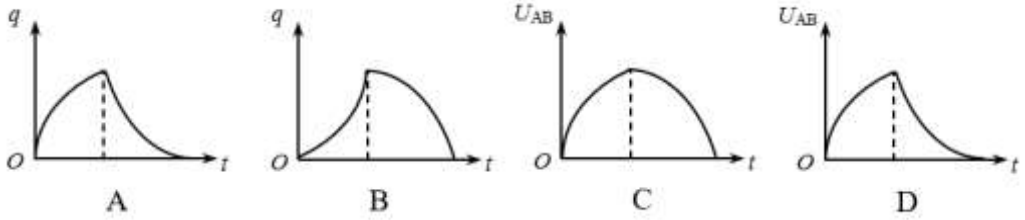
（1）开关 S 改接 2 后，电容器进行的是_____（选填“充电”或“放电”）过程。此过程得到的 *I-t* 图像如图 2 所示，图中用阴影标记的狭长矩形的面积的物理意义是

_____。如果不改变电路其他参数，只减小电阻 *R* 的阻值，则此过程的 *I-t* 曲线与坐标轴所围成的面积将_____（选填“减小”、“不变”或“增大”）。

（2）若实验中测得该电容器在整个放电过程中释放的电荷量 $Q=3.44\times10^{-3}$ C，则该电容器的电容为

_____ μF。

（3）关于电容器在整个充、放电过程中的 *q-t* 图像和 U_{AB}-*t* 图像的大致形状，可能正确的有_____（*q* 为电容器极板所带的电荷量，U_{AB} 为 A、B 两板的电势差）。



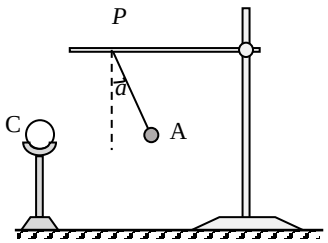
17．（9 分）

电场对放入其中的电荷有力的作用。如图所示，带电球 C 置于铁架台旁，把系在丝线上的带电小球 A 挂在铁架台的 *P* 点。小球 A 静止时与带电球 C 处于同一水平线上，丝线与竖直方向的偏角为 *α*。已知 A 球的质量为 *m*，电荷量为+*q*，重力加速度为 *g*，静电力常量为 *k*，两球可视为点电荷。

（1）画出小球 A 静止时的受力图，并求带电球 C 对小球 A 的静电力 *F* 的大小；

（2）写出电场强度的定义式，并据此求出带电球 C 在小球 A 所在处产生的电场的场强 E_A 的大小和方向；

（3）若已知小球 A 静止时与带电球 C 的距离为 *r*，求带电球 C 所带的电荷量 *Q*。



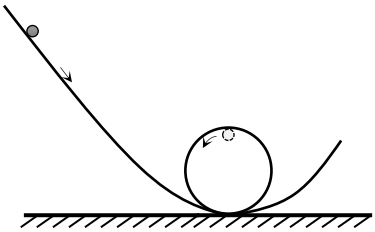
18．（9 分）

某同学用实验室中的过山车模型研究过山车的原理。如图所示，将质量为 m 的小球从倾斜轨道上的某一位置由静止释放，小球将沿着轨道运动到最低点后进入圆轨道。他通过测量得到圆轨道的半径为 R。已知重力加速度为 g。

（1）小球能够顺利通过圆轨道最高点的最小速度 v 为多少？

（2）若不考虑摩擦等阻力，要使小球恰能通过圆轨道的最高点，小球的释放点距轨道最低点的高度差 h 为多少？

（3）该同学经过反复尝试，发现要使小球恰能通过圆轨道的最高点，小球的释放点距轨道最低点的高度差比（2）的计算结果高 h，则从释放点运动到圆轨道最高点的过程中小球损失的机械能 E 为多少？



19．（10 分）

研究原子核的结构时，需要用能量很高的粒子轰击原子核。为了使带电粒子获得很高的能量，科学家发明了各种粒子加速器。

图 1 为某加速装置的示意图，它由多个横截面积相同的金属圆筒依次排列组成，其轴线在同一直线上，序号为奇数的圆筒与序号为偶数的圆筒分别和交变电源的两极相连，交变电源两极间的电势差的变化规律如图 2 所示。在 $t=0$ 时，奇数圆筒相对偶数圆筒的电势差为正值。此时和偶数圆筒相连的金属圆板（序号为 0）的中央有一电子，在圆板和圆筒 1 之间的电场中由静止开始加速，沿中心轴线进入圆筒 1。为使电子在圆筒之间的间隙都能被加速，圆筒长度的设计必须遵照一定的规律。

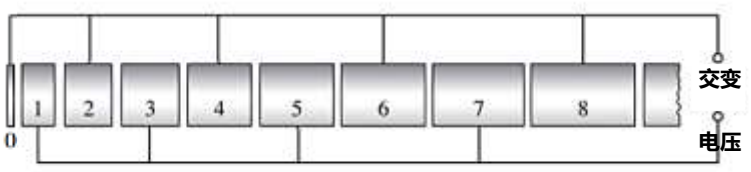


图 1

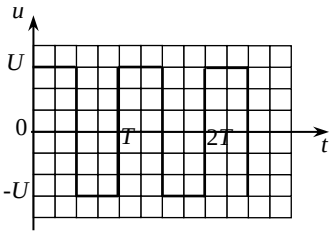


图 2

若电子的质量为 m，电荷量为 $-e$，交变电源的电压为 U，周期为 T，两圆筒间隙的电场可视为匀强电场，圆筒内场强均为 0。不计电子的重力和相对论效应。

（1）求电子进入圆筒 1 时的速度 v_1，并分析电子从圆板出发到离开圆筒 2 这个过程的运动。

（2）若忽略电子通过圆筒间隙的时间，则第 n 个金属圆筒的长度 L_n 应该为多少？

（3）若电子通过圆筒间隙的时间不可忽略，且圆筒间隙的距离均为 d，在保持圆筒长度、交变电压的变化规律和（2）中相同的情况下，该装置能够让电子获得的最大速度是多少？

20．（12 分）

（1）火箭的飞行应用了反冲的原理，靠喷出气流的反冲作用而获得巨大的速度。设质量为 m 的火箭由静止发射时，在极短的时间 Δt 内喷射燃气的质量是 Δm，喷出的燃气相对地面的速率是 u。

a. 求火箭在喷气后增加的速度 Δv。

b. 比冲是用于衡量火箭引擎燃料利用效率的重要参数。所谓“比冲”，是指火箭发动机工作时，在一段时间内对火箭的冲量与这段时间内所消耗燃料的质量的比，数值上等于消耗单位质量的燃料时火箭获得的冲量。假设用 F 表示喷气过程中火箭获得的向前的推力，用 τ 表示火箭发动机的比冲，请根据题目信息写出比冲的定义式，并推导该火箭发动机比冲的决定式。

（2）2020 年 5 月 5 日，长征五号 B 运载火箭搭载新一代载人飞船试验船和返回舱试验舱，在中国文昌航天发射场（北纬 19 度，可近似看成位于赤道附近）点火升空，竖直向上飞行约 17s 后开始程序转弯，火箭逐渐偏向东方飞去，最后试验舱船与火箭成功分离，进入预定轨道。据了解，此次发射的载人飞船试验船和返回舱试验舱约 22 吨。假设其预定轨道高度为 200km，自西向东运转。已知地球半径约为 6400km，地表重力加速度 g 取 10m/s^2。

在忽略空气阻力影响的前提下，估算为将试验舱船从地面送入预定轨道，火箭至少需要对它做多少功。某同学的估算过程如下：

火箭将试验舱船从地面送至预定轨道过程中，由动能定理可得：

$$W_{箭}+W_{重}=\frac{1}{2}mv_{轨}^{\ 2}-0$$

在地面上有 $G\dfrac{Mm}{R^2}=mg$

在预定轨道上有 $G\dfrac{Mm}{(R+h)^2}=m\dfrac{v_{轨}^{\ 2}}{R+h}$，可得 $\dfrac{1}{2}mv_{轨}^{\ 2}=\dfrac{GMm}{2(R+h)}=\dfrac{mgR^2}{2(R+h)}$

因此 $W_{箭}=mgh+\dfrac{1}{2}mv_{轨}^{\ 2}=mgh+\dfrac{mgR^2}{2(R+h)}=mg\left[h+\dfrac{R^2}{2(R+h)}\right]$

代入数据解得 $W_{箭}=7\times10^{11}\mathrm{J}$

请你判断这位同学的估算过程是否合理（不用考虑计算结果是否正确），并说明理由。

2021 北京西城高三二模物理

参考答案

第一部分共 14 题，每题 3 分，共 42 分。

1. A　2. A　3. C　4. C　5. D　6.B　7.D　8. C　9. B　10. B

11. D　12. C　13. D　14. D

第二部分共 6 题，共 58 分。

15.（9 分）

（1）AD（2 分，少选得 1 分，错选 0 分）

（2）1.85（2 分）

（3）$\frac{4\pi^2}{g}L$（1 分）9.9（1 分）

（4）结论：偏大（1 分）分析过程（2 分）

层级 1：在摆线相同的情况下，圆锥摆的周期小于单摆的周期，所以利用圆锥摆的周期计算的重力加速度比真实值偏大。（1 分）

层级 2：对圆锥摆，根据牛顿第二定律有 $mg\tan\theta = m\frac{4\pi^2}{T^2}r$，其中 $r=L\sin\theta$

解得 $T = 2\pi\sqrt{\frac{L\cos\theta}{g}} < 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$，根据 $g = \frac{4\pi^2}{T^2}L$，T 偏小，所以 g 偏大。（2 分）

16.（9 分）

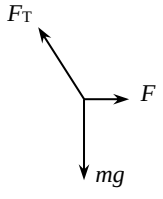
（1）放电（1 分）；0.2s 内电容器放出的电荷量（1 分）；不变（2 分）

（2）430（2 分）

（3）AD（3 分，少选得 2 分，错选 0 分）

17.（9 分）

（1）小球 A 受力如答图 1 所示（1 分）



答图 1

根据平衡条件可知 $F = mg\tan\alpha$（2 分）

（2）电场强度的定义式 $E = \frac{F}{q}$（1 分）

带电球 C 在小球 A 所在处产生的电场的场强 $E_A = \frac{F}{q} = \frac{mg\tan\alpha}{q}$（1 分）

方向水平向右（1 分）

（3）根据库仑定律 $F=k\frac{Qq}{r^2}$（2 分）

解得 $Q=\frac{mgr^2\tan\alpha}{kq}$（1 分）

18.（9 分）

（1）小球恰能通过最高点时，根据牛顿第二定律有 $mg=m\frac{v^2}{R}$（2 分）

解得 $v=\sqrt{gR}$（1 分）

因此小球能够顺利通过圆轨道最高点的最小速度 $v=\sqrt{gR}$

（2）若不考虑摩擦等阻力，小球从释放点运动到圆轨道最高点的过程，根据动能定理有

$mg(h-2R)=\frac{1}{2}mv^2-0$（2 分）

解得 $h=\frac{5}{2}R$（1 分）

要使小球恰能通过圆轨道的最高点，小球的释放点距轨道最低点的高度差 $h=\frac{5}{2}R$

（3）以轨道最低点所在平面为零势能面，从释放点运动到圆轨道最高点的过程中小球损失的机械能

$\Delta E=mg(h+\Delta h)-(mg\cdot 2R+\frac{1}{2}mv^2)$

由（2）可知 $mg(h-2R)=\frac{1}{2}mv^2$

代入得 $\Delta E=mg\Delta h$（3 分）

19.（10 分）

（1）电子由金属圆板经电场加速进入圆筒 1，根据动能定理

$Ue=\frac{1}{2}mv_1^2-0$（1 分）

解得：$v_1=\sqrt{\frac{2Ue}{m}}$（1 分）

电子从圆板开始先做匀加速直线运动，进入圆筒 1，筒内场强为 0，电子不受外力做匀速直线运动，在圆筒 1、2 之间间隙再做匀加速直线运动，进入圆筒 2 再做匀速直线运动。（2 分）

（2）电子进入第 n 个圆筒时，经过 n 次加速，根据动能定理

$nUe=\frac{1}{2}mv_n^2-0$（1 分）

解得 $v_n=\sqrt{\frac{2nUe}{m}}$

由于不计电子通过圆筒间隙的时间，则电子在圆筒内做匀速直线运动的时间恰好是半个周期，则：

$L_n=v_n\frac{T}{2}$（1 分）

解得 $L_n=T\sqrt{\frac{nUe}{2m}}$（1 分）

（3）由于保持圆筒长度、交变电压的变化规律和（2）中相同，若考虑电子在间隙中的加速时间，则粒子进入每级圆筒的时间都要比（2）中对应的时间延后一些，如果延后累计时间等于 $\frac{T}{2}$，则电子再次进入电场时将开始减速，此时的速度就是装置能够加速的最大速度。

方法 1：由于两圆筒间隙的电场为匀强电场，间距均相同，则电子的加速度为：

$a=\frac{F}{m}$ $F=Ee$ $E=\frac{U}{d}$ 则 $a=\frac{Ue}{dm}$（1 分）

累计延后时间为 $\frac{T}{2}$，则电子的加速时间为 $\frac{T}{2}$，所以电子的最大速度为：

$v_m=a\frac{T}{2}$（1 分）

可得 $v_m=\frac{UeT}{2dm}$（1 分）

方法 2：由于两圆筒间隙的电场为匀强电场，间距均为 d，经过 N 次加速到最大速度，则：

$Nd=\frac{1}{2}v_m\left(\frac{T}{2}\right)$（1 分）

根据动能定理 $NUe=\frac{1}{2}mv_m^2-0$（1 分）

解得 $v_m=\frac{UeT}{2dm}$（1 分）

20.（12 分）

（1）a.在很短时间 Δt 内，研究火箭及其喷出的燃气组成的系统，可以不考虑火箭的重力，系统动量守恒

$(m-\Delta m)\Delta v+\Delta m(-u)=0$（2 分）

火箭在喷气后增加的速度 $\Delta v=\dfrac{\Delta mu}{m-\Delta m}$（2 分）

（1）b.比冲的定义式 $\tau=\dfrac{F\Delta t}{\Delta m}$（2 分）

在很短时间 Δt 内，火箭受到的冲量 $F\Delta t=(m-\Delta m)\Delta v=\Delta mu$（1 分）

代入比冲的定义式得 $\tau=\dfrac{F\Delta t}{\Delta m}=u$，即为比冲的决定式（1 分）

（2）（4 分）观点明确，且观点与理由自洽可酌情得分，只有“合理”或“不合理”的观点不得分。

层级 1：能发现推理过程与实际情况的差别，且观点与理由自洽，但没有体现出估算中近似的思想。（2 分）

参考答案 1：不合理。这位同学在估算时没有考虑试验船舱在地面时具有的动能，初动能不应该为 0。

参考答案 2：不合理。这位同学在估算时没有考虑随着高度增加 g 的变化，重力做功不应该等于-mgh。

层级 2：能发现估算过程中的近似处理，且观点与理由自洽。（4 分）

参考答案 1：合理。试验船舱在地面时虽然具有动能，其速度大小等于该地区地球自转的线速度，即在地面上有 $v_0=v_{地}=\dfrac{2\pi R}{T_{自}}$，但 $v_{地}\ll v_{轨}$，因此可以认为试验船舱的初动能为 0。

参考答案 2：合理。虽然随着高度增加，试验船舱受引力逐渐减小，但由于轨道高度 $h\ll R$，故可忽略该过程中引力大小的变化，重力做功可以表示为 $W_{重}=-mgh$。