2007 年全国理综 I

1. 据报道，最近在太阳系外发现了首颗“宜居”行星，其质量约为地球质量的 6.4 倍，一个在地球表面重量为 600 N 的人在这个行星表面的重量将变为 960 N。由此可推知，该行星的半径与地球半径之比约为 (B)

A. 0.5　　B. 2　　C. 3.2　　D. 4

> 由题意可以得到 $g' = 1.6g$；由黄金代换 $GM = gR^2$ 可以得到 $\frac{M'R^2}{MR'^2} = \frac{g'}{g}$，解得 $R' = 2R$。

2. 一列简谐横波沿 x 轴负方向传播，波速为 $v = 4\,\mathrm{m/s}$。已知坐标原点（$x = 0$）处质点的振动图像如图 a 所示，在下列 4 幅图中能够正确表示 $t = 0.15\,\mathrm{s}$ 时波形的图是 (A)

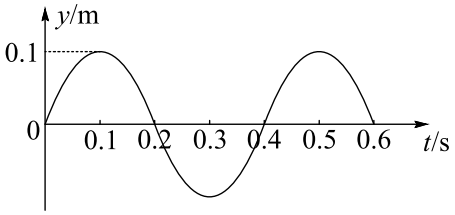
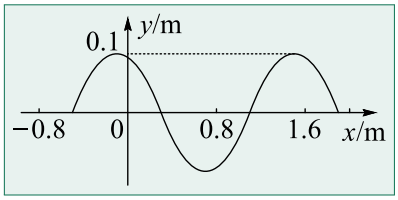
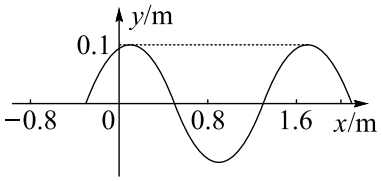


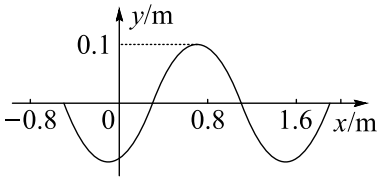
图 a



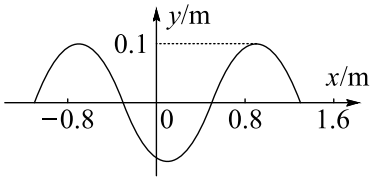
A.



B.



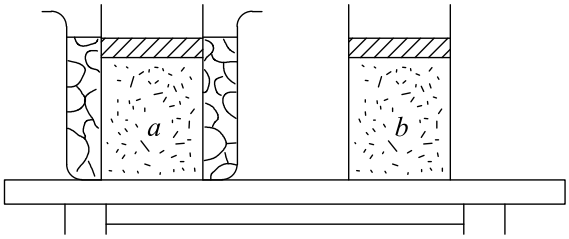
C.



D.

> 由振动图像得到原点处的质点在 y 正半轴向下运动，由于向负 x 轴传播，所以只有 A 选项正确。

3. 如图所示，质量为 m 的活塞将一定质量的气体封闭在气缸内，活塞与气缸之间无摩擦。a 态是气缸放在冰水混合物中气体达到的平衡状态，b 态是气缸从容器中移出后，在室温（27°C）中达到的平衡状态。气体从 a 态变化到 b 态的过程中大气压强保持不变。若忽略气体分子之间的势能，下列说法正确的是 (AC)



A. 与 b 态相比，a 态的气体分子在单位时间内撞击活塞的个数较多

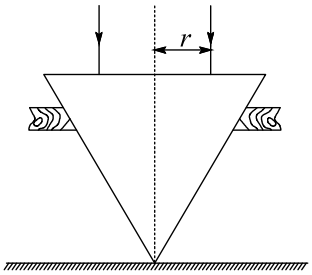
B. 与 a 态相比，b 态的气体分子在单位时间内对活塞的冲量较大

C. 在相同时间内，a、b 两态的气体分子对活塞的冲量相等

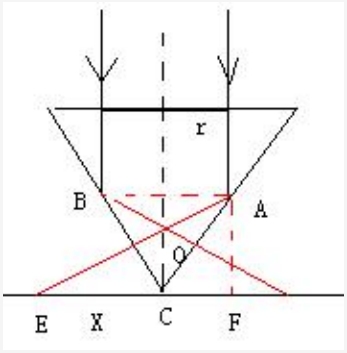
D. 从 a 态到 b 态，气体的内能增加，外界对气体做功，气体对外界释放了热量

> 由于两种状态下压强相等，所以在单位时间单位面积里气体分子对活塞的总冲量肯定相等；由于 b 状态的温度比 a 状态的温度要高，所以分子的平均动量增大，因为总冲量保持不变，所以 b 状态单位时间内冲到活塞的分子数肯定比 a 状态要少。

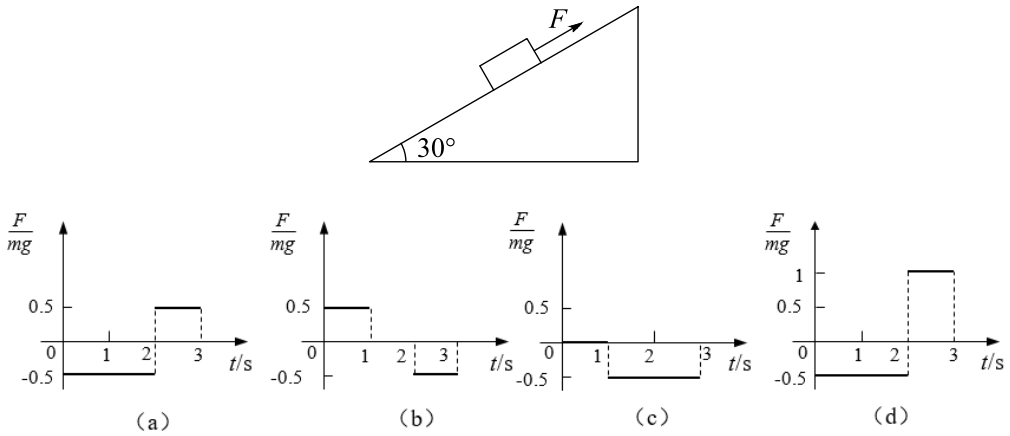
4. 在桌面上有一倒立的玻璃圆锥，其顶点恰好与桌面接触，圆锥的轴（图中虚线）与桌面垂直，过轴线的截面为等边三角形，如图所示。有一半径为 r 的圆柱形平行光束垂直入射到圆锥的底面上，光束的中心轴与圆锥的轴重合。已知玻璃的折射率为 1.5，则光束在桌面上形成的光斑半径为 (C)



A. r　　B. $1.5r$　　C. $2r$　　D. $2.5r$

> 如图所示，光线射到 A 或 B 时，入射角大于临界角，发生全反射，而后由几何关系得到第二次到达界面的时候垂直打出。O 点为 $\triangle ABC$ 的重心，设 $EC=x$，则由几何关系得到：$\frac{x}{x+r}=\frac{2}{3}$，解得光斑半径 $x=2r$。
>
> 
>

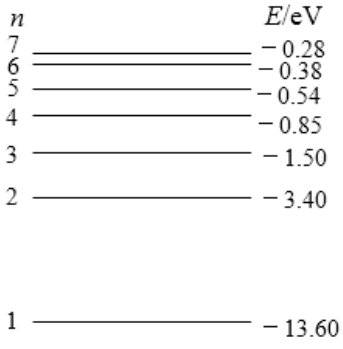
5. 如图所示，在倾角为 30° 的足够长的光滑斜面上有一质量为 m 的物体，它受到沿斜面方向的力 F 的作用。力 F 可按图（a）、（b）、（c）、（d）所示的四种方式随时间变化（图中纵坐标是 F 与 mg 的比值，力沿斜面向上为正）。已知此物体在 $t=0$ 时速度为零，若用 v_1、v_2、v_3、v_4 分别表示上述四种受力情况下物体在 3 秒末的速率，则这四个速率中最大的是 (C)



A. v_1　　B. v_2　　C. v_3　　D. v_4

> 选向下为正方向，由动量定理分别得到
>
> 对于图（a）：$1.5mg\times 2+0.5mg\times 1=mv_1$
>
> 对于图（b）：$0.5mg\times 1+mg\times 1+1.5mg\times 1=mv_2$
>
> 对于图（c）：$mg\times 1+1.5mg\times 2=mv_3$
>
> 对于图（d）：$1.5mg\times 2=mv_4$
>
> 综合四个选项得到 v_3 最大。

6. 用大量具有一定能量的电子轰击大量处于基态的氢原子，观测到了一定数目的光谱线。调高电子的能量再次进行观测，发现光谱线的数目比原来增加了 5 条。用 Δn 表示两次观测中最高激发态的量子数 n 之差，E 表示调高后电子的能量。根据氢原子的能级图可以判断，Δn 和 E 的可能值为 (AD)



A. $\Delta n=1$，$13.22\,\text{eV}<E<13.32\,\text{eV}$　　B. $\Delta n=2$，$13.22\,\text{eV}<E<13.32\,\text{eV}$

C. $\Delta n=1$，$12.75\,\text{eV}<E<13.06\,\text{eV}$　　D. $\Delta n=2$，$12.75\,\text{eV}<E<13.06\,\text{eV}$

> 存在两种可能，第一种 $n=2$ 到 $n=4$，由于是电子轰击，所以电子的能量必须满足 $13.6\,\text{eV}-0.85\,\text{eV}<E<13.6\,\text{eV}-0.54\,\text{eV}$，故 D 选项正确；第二种可能是 $n=5$ 到 $n=6$，电子能量必须满足 $13.6\,\text{eV}-0.38\,\text{eV}<E<13.6\,\text{eV}-0.28\,\text{eV}$，故 A 选项正确。

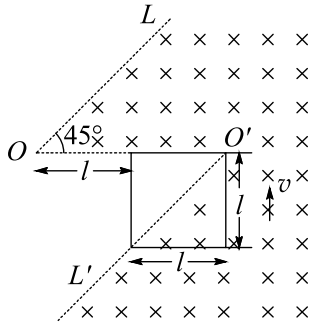
7. abcd 是匀强电场中的四个点，它们正好是一个矩形的四个顶点。电场线与矩形所在的平面平行。已知 a 点的电势是 20 V，b 点的电势是 24 V，d 点的电势是 4 V，如图。由此可知，c 点的电势为 (B)

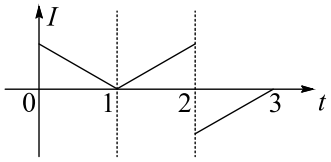


A. 4 V　　B. 8 V　　C. 12 V　　D. 24 V

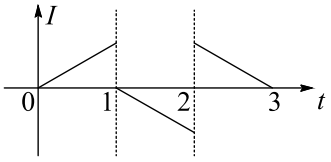
> 运用一个结论：在匀强电场中，任意一族平行线上等距离的两点的电势差相等，所以 $U_{ab}=U_{cd}$，所以 c 点电势为 8 V。

8. 如图所示，LOO′L′ 为一折线，它所形成的两个角 ∠LOO′ 和 ∠OO′L′ 均为 45°。折线的右边有一匀强磁场，其方向垂直于纸面向里，一边长为 l 的正方形导线框沿垂直于 OO′ 的方向以速度 v 做匀速直线运动，在 $t=0$ 时刻恰好位于图中所示的位置。以逆时针方向为导线框中电流的正方向，在下面四幅图中能够正确表示电流—时间（$I-t$）关系的是（时间以 l/v 为单位）(D)

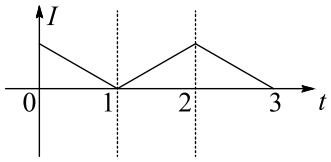




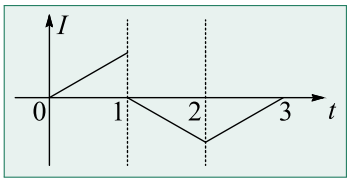
A.



B.



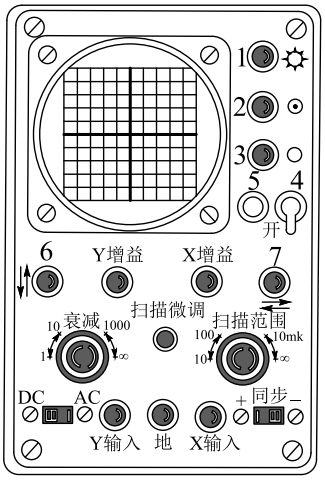
C.



D.

由初始位置可得，切割的有效长度在逐渐变大，且为逆时针，所以 BD 中选一个，由于 BD 两项中第 2 秒是一样的，没有区别。在第 3 秒内，线框已经有部分出上面磁场，切割的有效长度在减少，且为顺时针方向，所以只有 D 选项是正确的。

9. (1) 用示波器观察频率为 900 Hz 的正弦电压信号。把该信号接入示波器 Y 输入。



① 当屏幕上出现如图 1 所示的波形时，应调节 钮。如果正弦波的正负半周均超出了屏幕的范围，应调节 钮或 钮，或这两个钮配合使用，以使正弦波的整个波形出现在屏幕内。

② 如需要屏幕上正好出现一个完整的正弦波形，应将 钮置于 位置，然后调节 钮。

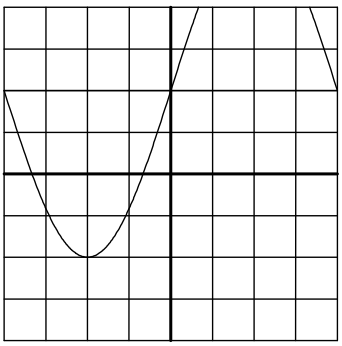


图 1

(2) 碰撞的恢复系数的定义为 $e = \frac{|v_2 - v_1|}{v_{20} - v_{10}}$，其中 v_{10} 和 v_{20} 分别是碰撞前两物体的速度，v_1 和 v_2 分别是碰撞后物体的速度。弹性碰撞的恢复系数 $e = 1$，非弹性碰撞的 $e < 1$。某同学借用验证动量守恒定律的实验装置（如图所示）验证弹性碰撞的恢复系数是否为 1，实验中使用半径相等的钢质小球 1 和 2（它们之间的碰撞可近

似视为弹性碰撞），且小球 1 的质量大于小球 2 的质量。

实验步骤如下：

安装好实验装置，做好测量前的准备，并记下重锤线所指的位置 O。

第一步，不放小球 2，让小球 1 从斜槽上 A 点由静止滚下，并落在地面上。重复多次，用尽可能小的圆把小球的所有落点圈在里面，其圆心就是小球落点的平均位置。

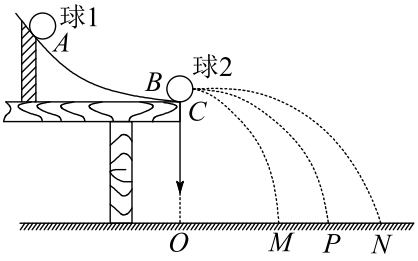
第二步，把小球 2 放在斜槽前端边缘处 C 点，让小球 1 从 A 点由静止滚下，使它们碰撞。重复多次，并使用与第一步同样的方法分别标出碰撞后小球落点的平均位置。

第三步，用刻度尺分别测量三个落地点的平均位置离 O 点的距离，即线段 OM、OP、ON 的长度。上述实验中，

① P 点是 平均位置，M 点是 平均位置，N 点是 平均位置。

② 请写出本实验的原理 ，写出用测量量表示的恢复系数的表达式 。

③ 三个落地点距 O 点的距离 OM、OP、ON 与实验所用的小球质量是否有关系?。



(1) （1）竖直位移或 ↑↓，衰减或衰减调节，Y 增益；（2）扫描范围，1 k 挡位，扫描微调。 (2) （1）P 点是在实验的第一步中小球 1 落点的平均位置，M 点是小球 1 与小球 2 碰后小球 1 落点的平均位置，N 点是小球 2 落点的平均位置；（2）小球从槽口 C 飞出后做平抛运动的时间相同，设为 t，则 $\mathrm{OP}=v_{10}t$，$\mathrm{OM}=v_1t$，$\mathrm{ON}=v_2t$，小球 2 碰撞前静止，即 $v_{20}=0$，故 $e=\frac{v_2-v_1}{v_{10}-v_{20}}=\frac{\mathrm{ON}-\mathrm{OM}}{\mathrm{OP}}$；（3）OP 与小球的质量无关，OM 和 ON 与小球的质量有关。

本题原卷及材料中未提供详解，待补充。

10. 甲、乙两运动员在训练交接棒的过程中发现：甲经短距离加速后能保持 9 m/s 的速度跑完全程；乙从起跑后到接棒前的运动是匀加速的。为了确定乙起跑的时机，需在接力区前适当的位置设置标记。在某次练习中，甲在接力区前 $s_0=13.5\,\mathrm{m}$ 处作了标记，并以 $v=9\,\mathrm{m/s}$ 的速度跑到此标记时向乙发出起跑口令。乙在接力区的前端听到口令时起跑，并恰好在速度达到与甲相同时被甲追上，完成交接棒。已知接力区的长度为 $L=20\,\mathrm{m}$。求：

(1) 此次练习中乙在接棒前的加速度 a；

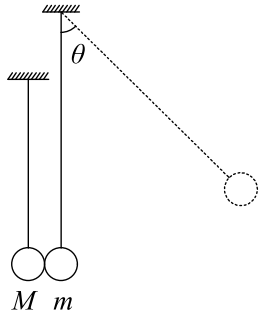
(2) 在完成交接棒时乙离接力区末端的距离。

(1) $3\,\mathrm{m/s^2}$　(2) $6.5\,\mathrm{m}$

（1）设经过时间 t，甲追上乙，则根据题意有 $vt-\frac{1}{2}vt=13.5$。将 $v=9$ 代入得到：$t=3\,\mathrm{s}$，再由 $v=at$ 解得：$a=3\,\mathrm{m/s^2}$。

（2）在追上乙的时候，乙走的距离为 s，则：$s=\frac{1}{2}at^2$。代入数据得到 $s=13.5\,\mathrm{m}$，所以乙离接力区末端的距离为 $\Delta s=20\,\mathrm{m}-13.5\,\mathrm{m}=6.5\,\mathrm{m}$。

11. 如图所示，质量为 m 的由绝缘材料制成的球与质量为 $M=19m$ 的金属球并排悬挂。现将绝缘球拉至与竖直方向成 $\theta=60^\circ$ 的位置自由释放，下摆后在最低点与金属球发生弹性碰撞。在平衡位置附近存在垂直于纸面的磁场。已知由于磁场的阻尼作用，金属球将于再次碰撞前停在最低点处。求经过几次碰撞后绝缘球偏离竖直方向的最大角度将小于 45°。



3 次

设小球 m 的摆线长度为 l。小球 m 在下落过程中与 M 相碰之前满足机械能守恒：

$mgl(1-\cos\theta)=\frac{1}{2}mv_0^2$ ①

m 和 M 碰撞过程满足：$mv_0=MV_M+mv_1$ ②

$\frac{1}{2}mv_0^2=\frac{1}{2}mv_1^2+\frac{1}{2}MV_M^2$ ③

联立②③得：$v_1=\frac{m-M}{m+M}v_0$ ④

说明小球被反弹，而后小球又以反弹速度和小球 M 发生碰撞，满足：

$mv_1=MV_{M1}+mv_2$ ⑤

$\frac{1}{2}mv_1^2=\frac{1}{2}mv_2^2+\frac{1}{2}MV_{M1}^2$ ⑥

解得：$v_2=\frac{m-M}{m+M}|v_1|$ ⑦

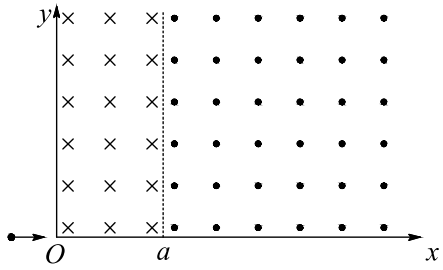
整理得：$v_2=-\left(\frac{m-M}{m+M}\right)^2v_0$ ⑧

所以：$v_n = \left|\left(\frac{m-M}{m+M}\right)^n v_0\right|$ ⑨

而偏离方向为 45° 的临界速度满足：$mgl(1-\cos 45°) = \frac{1}{2}mv_{临界}^2$ ⑩

联立①⑨⑩代入数据解得，当 $n=2$ 时，$v_2 > v_{临界}$；当 $n=3$ 时，$v_3 < v_{临界}$。所以，最多碰撞 3 次。

12. 两平面荧光屏互相垂直放置，在两屏内分别取垂直于两屏交线的直线为 x 和 y 轴，交点 O 为原点，如图所示。在 $y>0$，$0<x<a$ 的区域有垂直于纸面向内的匀强磁场，在 $y>0$，$x>a$ 的区域有垂直于纸面向外的匀强磁场，两区域内的磁感应强度大小均为 B。在 O 点处有一小孔，一束质量为 m、带电量为 q（$q>0$）的粒子沿 x 轴经小孔射入磁场，最后打在竖直和水平荧光屏上，使荧光屏发亮。入射粒子的速度可取从零到某一最大值之间的各种数值。已知速度最大的粒子在 $0<x<a$ 的区域中运动的时间与在 $x>a$ 的区域中运动的时间之比为 2 : 5，在磁场中运动的总时间为 $\frac{7}{12}T$，其中 T 为该粒子在磁感应强度为 B 的匀强磁场中做圆周运动的周期。试求两个荧光屏上亮线的范围（不计重力的影响）。



$0 \le y \le 2a$，$2a \le x \le 2\left(1+\frac{\sqrt{3}}{3}\right)a$

对于 y 轴上的光屏亮线范围的临界条件如图 1 所示：带电粒子的轨迹和 $x=a$ 相切，此时 $r=a$，y 轴上的最高点为 $y=2r=2a$。

对于 x 轴上光屏亮线范围的临界条件如图 2 所示：左边界的极限情况还是和 $x=a$ 相切，此刻，带电粒子在右边的轨迹是个圆，由几何知识得到在 x 轴上的坐标为 $x=2a$；速度最大的粒子是如图 2 中的实线，由两段圆弧组成，圆心分别是 c 和 c'，由对称性得到 c' 在 x 轴上，设在左右两部分磁场中运动时间分别为 t_1 和 t_2，满足

$\frac{t_1}{t_2} = \frac{2}{5}$

$t_1 + t_2 = \frac{7}{12}T$

解得 $t_1 = \frac{1}{6}T$，$t_2 = \frac{5}{12}T$。由数学关系得到：$\sqrt{3}R = 2a$，$OP = 2a + R$，$OP = 2\left(1+\frac{\sqrt{3}}{3}\right)a$。所以在 x 轴上的范围是 $2a \le x \le 2\left(1+\frac{\sqrt{3}}{3}\right)a$。

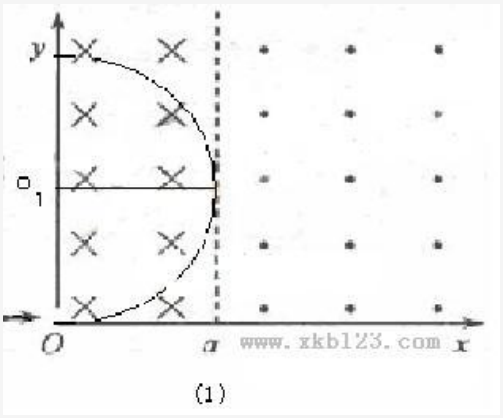


图 1

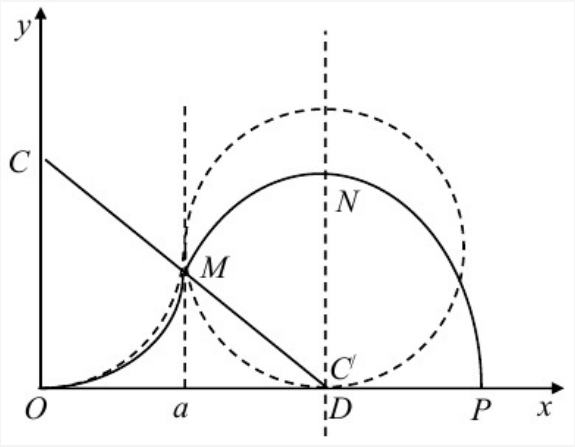


图 2