2015 年上海

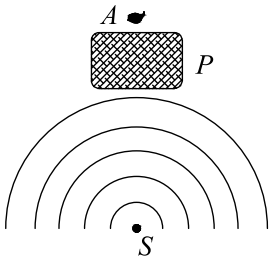
1. X 射线 (B)

A. 不是电磁波　　B. 具有反射和折射的特性

C. 只能在介质中传播　　D. 不能发生干涉和衍射

> X 射线是电磁波，具有波的性质，可以发生反射、折射、干涉和衍射，可以在真空中传播，故 B 正确 ACD 错误。

2. 如图，P 为桥墩，A 为靠近桥墩浮在水面的叶片，波源 S 连续振动，形成水波，此时叶片 A 静止不动。为使水波能带动叶片振动，可用的方法是 (B)

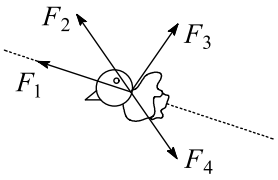


A. 提高波源频率　　B. 降低波源频率

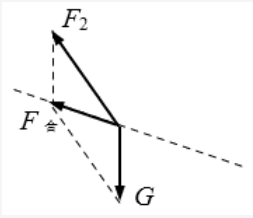
C. 增加波源距桥墩的距离　　D. 减小波源距桥墩的距离

> A 静止不动的原因是衍射现象不明显，要想衍射现象变得明显，需要增大波长，由 $v=\lambda f$ 可得，介质不变，波速不变，要想增大波长，只能降低频率，故 B 正确。

3. 如图，鸟沿虚线斜向上加速飞行，空气对其作用力可能是 (B)



A. F_1　　B. F_2　　C. F_3　　D. F_4

> 空气对鸟的作用力，一方面抵消重力，另一方面让鸟沿虚线加速飞行，所以空气对鸟的作用力与鸟的重力的合力沿虚线斜向上，空气对鸟的作用力可能是 F_2，故 B 正确。
>
> 
>

4. 一定质量的理想气体在升温过程中 (C)

A. 分子平均势能减小　　B. 每个分子速率都增大

C. 分子平均动能增大　　D. 分子间作用力先增大后减小

> 理想气体不考虑分子势能，不考虑分子间的作用力，故 AD 错误；温度升高，分子的平均动能增大，分子的平均速率增大，但不是每个分子的速率都增大，故 B 错误 C 正确。

5. 铀核可以发生衰变和裂变，铀核的 (C)

A. 衰变和裂变都能自发发生　　B. 衰变和裂变都不能自发发生

C. 衰变能自发发生而裂变不能自发发生　　D. 衰变不能自发发生而裂变能自发发生

> 铀核的衰变是可以自发产生，但裂变需要一定的条件，故 C 正确。

6. ${}^{232}_{90}\mathrm{Th}$ 经过一系列 α 衰变和 β 衰变后变成 ${}^{208}_{82}\mathrm{Pb}$，则 ${}^{208}_{82}\mathrm{Pb}$ 比 ${}^{232}_{90}\mathrm{Th}$ 少 (A)

A. 16 个中子，8 个质子　　B. 8 个中子，16 个质子

C. 24 个中子，8 个质子　　D. 8 个中子，24 个质子

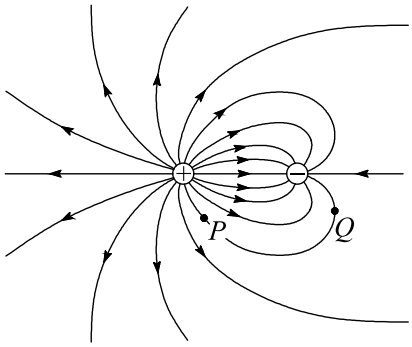
> 由反应前后质量数和电荷数守恒，则 ${}^{208}_{82}\mathrm{Pb}$ 比 ${}^{232}_{90}\mathrm{Th}$ 少的质子数为 $90-82=8$，少的中子数为 $(232-90)-(208-82)=16$，故 A 正确。

7. 在 α 粒子散射实验中，电子对 α 粒子运动的影响可以忽略。这是因为与 α 粒子相比，电子的 (D)

A. 电量太小　　B. 速度太小　　C. 体积太小　　D. 质量太小

> 电子的质量比 α 粒子小得多，约为 α 粒子质量的 $\frac{1}{7400}$，所以对 α 粒子运动的影响可以忽略，故 D 正确。

8. 两个正、负点电荷周围电场线分布如图所示。P、Q 为电场中两点，则 (D)



A. 正电荷由 P 静止释放能运动到 Q

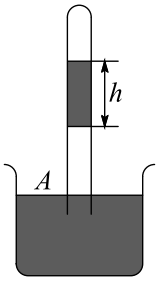
B. 正电荷在 P 的加速度小于在 Q 的加速度

C. 负电荷在 P 的电势能高于在 Q 的电势能

D. 负电荷从 P 移动到 Q，其间必有一点电势能为零

> 电荷在匀强电场中静止释放才会沿着电场线运动，正电荷由 P 点释放，将沿 P 点的切线方向运动，不能到达 Q 点，故 A 错误；P 点的电场线比 Q 点密，故 P 点的场强较大，正电荷在 P 点的加速度大于在 Q 点的加速度，故 B 错误；负电荷在电势高的位置电势能小，P 点电势高于 Q 点电势，所以负电荷在 P 点的电势能小于在 Q 点的电势能，故 C 错误；P 点电势大于零，Q 点电势小于零，P、Q 之间一定有一点电势为零，负电荷在该点的电势能也为零，故 D 正确。

9. 如图，长为 h 的水银柱将上端封闭的玻璃管内气体分隔成两部分，A 处管内外水银面相平。将玻璃管缓慢向上提升 H 高度（管下端未离开水银面），上下两部分气体的压强变化分别为 Δp_1 和 Δp_2，体积变化分别为 ΔV_1 和 ΔV_2。已知水银密度为 ρ，玻璃管截面积为 S，则 (A)



A. Δp_2 一定等于 Δp_1

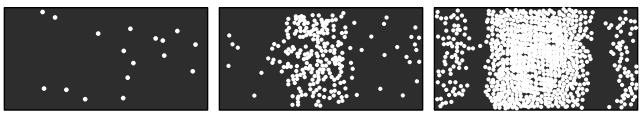
B. ΔV_2 一定等于 ΔV_1

C. Δp_2 与 Δp_1 之差为 ρgh

D. ΔV_2 与 ΔV_1 之和为 HS

> 上下两部分气体的体积关系不确定，两部分气体均发生等温变化，则 ΔV_1 和 ΔV_2 不一定相等，提升玻璃管，再次平衡后，玻璃管中的水银面高于水银槽中的水银面，但高度之差小于 H，故 ΔV_1 和 ΔV_2 之和小于 HS，故 BD 错误；提升之前：$p_2 - p_1 = \rho gh$，提升之后 $p_2' - p_1' = \rho gh$，联立可得 $\Delta p_1 = \Delta p_2$，故 A 正确 C 错误。

10. 用很弱的光做单缝衍射实验，改变曝光时间，在胶片上出现的图像如图所示，该实验表明 (C)



A. 光的本质是波

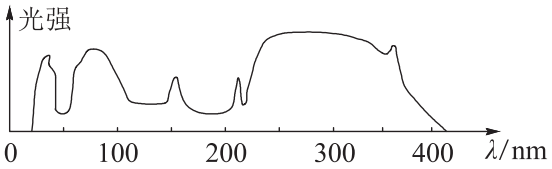
B. 光的本质是粒子

C. 光的能量在胶片上分布不均匀

D. 光到达胶片上不同位置的概率相同

光的本质是具有波粒二象性，少量光子具有粒子性，大量光子具有波动性，故 AB 错误；由图像可以看出，光的能量在胶片上分布不均匀，光到达胶片上不同位置的概率不同，故 C 正确 D 错误。

11. 某光源发出的光由不同波长的光组成，不同波长的光的强度如图所示。表中给出了一些材料的极限波长，用该光源发出的光照射表中材料 (D)



材料	钠	铜	铂
极限波长（nm）	541	268	196

A. 仅钠能产生光电子　　B. 仅钠、铜能产生光电子

C. 仅铜、铂能产生光电子　　D. 都能产生光电子

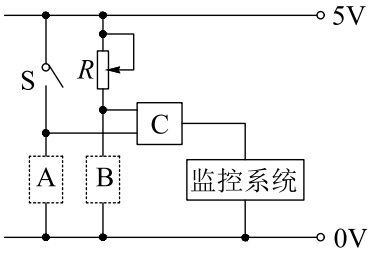
波长越长，频率越小，故波长比材料极限波长小的光照射该材料时可以发生光电效应，结合图象和表格，用该光源照射表中材料都能产生光电子，故 D 正确。

12. 重离子肿瘤治疗装置中的回旋加速器可发射 +5 价重离子束，其电流强度为 1.2×10^{-5} A，则在 1 s 内发射的重离子个数为（$e = 1.6\times10^{-19}$ C）(B)

A. 3.0×10^{12}　　B. 1.5×10^{13}　　C. 7.5×10^{13}　　D. 3.75×10^{14}

1 s 内发射的重离子个数为 $n = \frac{It}{5e} = \frac{1.2\times10^{-5}\times1}{5\times1.6\times10^{-19}} = 1.5\times10^{13}$，故 B 正确。

13. 监控系统控制电路如图所示，电键 S 闭合时，系统白天和晚上都工作；电键 S 断开时，系统仅晚上工作。在电路中虚框处分别接入光敏电阻（受光照时阻值减小）和定值电阻，则电路中 (D)

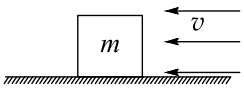


A. C 是“与门”，A 是光敏电阻　　B. C 是“与门”，B 是光敏电阻

C. C 是“或门”，A 是光敏电阻　　D. C 是“或门”，B 是光敏电阻

要想使监控系统白天和晚上都工作，C 是“或门”，S 断开时，系统仅晚上工作，说明 B 是光敏电阻，故选项 D 正确。

14. 如图，一质量为 m 的正方体物块置于风洞内的水平面上，一面与风速垂直，当风速为 v_0 时刚好能推动该物块。已知风对物块的推力 $F \propto Sv^2$，其中 v 为风速、S 为物块迎风面积。当风速变为 $2v_0$ 时，刚好能推动用同一材料做成的另一正方体物块，则该物块的质量为 (D)



A. $4m$　　B. $8m$　　C. $32m$　　D. $64m$

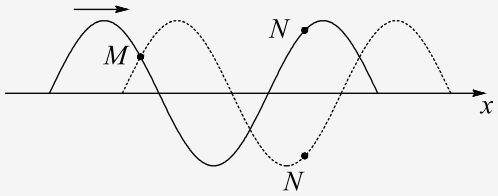
设正方体物块边长为 L，该材料的密度为 ρ，与地面的动摩擦因数为 μ，由共点力平衡有 $\mu\rho L^3 g = kL^2v^2$，即 $kv^2 = \mu\rho Lg$，速度变为原来的 2 倍，则边长应变为原来的 4 倍，由 $m = \rho L^3$ 可知质量应为原来的 64 倍，故 D 正确。

15. 一简谐横波沿水平绳向右传播，波速为 v，周期为 T，振幅为 A。绳上两质点 M、N 的平衡位置相距 $\frac{3}{4}$ 波长，N 位于 M 右方。设向上为正，在 $t=0$ 时 M 位移为 $+\frac{A}{2}$，且向上运动；经时间 t（$t<T$），M 位移仍为 $+\frac{A}{2}$，但向下运动，则 (C)

A. 在 t 时刻，N 恰好在波谷位置　　B. 在 t 时刻，N 位移为负，速度向上

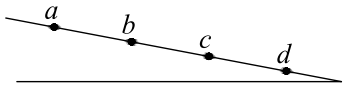
C. 在 t 时刻，N 位移为负，速度向下　　D. 在 $2t$ 时刻，N 位移为 $-\frac{A}{2}$，速度向下

由题可得 $t'=0$ 时、$t'=t$ 时绳上的大致波形如图，$t'=0$ 时波形如实线所示，$t'=t$ 时刻的波形如虚线所示，可知在 t 时刻，N 的位移为负，速度向下，故 AB 错误 C 正确；在 $2t$ 时刻，N 的速度方向向上，故 D 错误。



16. 如图，战机在斜坡上方进行投弹演练。战机水平匀速飞行，每隔相等时间释放一颗炸弹，第一颗落在 a 点，第二颗落在 b 点。斜坡上 c、d 两点与 a、b 共线，且 $ab=bc=cd$，不计空气阻力。第三颗炸弹将落在 (A)

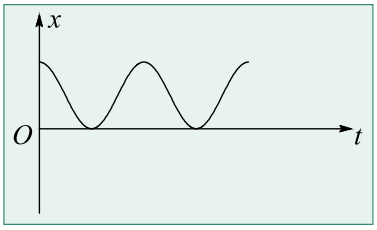




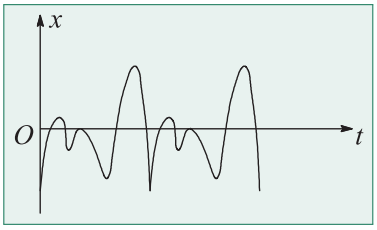
A. bc 之间　　B. c 点　　C. cd 之间　　D. d 点

所有炸弹在水平方向做匀速直线运动，速度大小是相同的，相同时间间隔第三颗炸弹落在斜面上时，竖直方向下落的距离大，故第三颗炸弹将落在 b、c 之间，故 A 正确。

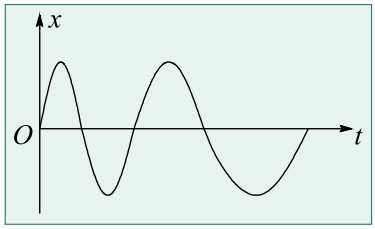
17. 质点运动的位移 x 与时间 t 的关系如图所示，其中做机械振动的是 (ABC)



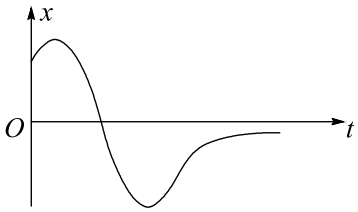
A.



B.



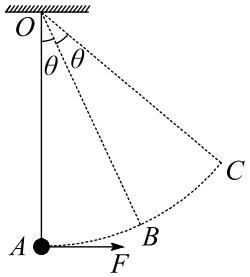
C.



D.

在平衡位置附近的往复运动是机械振动，故 ABC 正确。

18. 如图，质量为 m 的小球用轻绳悬挂在 O 点，在水平恒力 $F = mg\tan\theta$ 作用下，小球从静止开始由 A 经 B 向 C 运动。则小球 (ACD)



A. 先加速后减速　　B. 在 B 点加速度为零

C. 在 C 点速度为零　　D. 在 C 点加速度为 $g\tan\theta$

对小球受力分析，在垂直于绳的方向有 $mg\tan\theta\cos\alpha - mg\sin\alpha = ma$，$\alpha$ 为绳与竖直方向的夹角，可得由 A 到 B：$a > 0$，由 B 到 C：$a < 0$，所以小球由 A 到 B 做加速运动，B 到 C 做减速运动，故 A 正确；在 B 点垂直绳方向的合力为零，但沿绳方向的合力不为零，小球具有向心加速度，故 B 错误；C 点是与 A 点对称的位置，速度为零，故 C 正确；在 C 点的加速度大小为 $\left|\frac{mg\tan\theta\cos 2\theta - mg\sin 2\theta}{m}\right| = g\tan\theta$，故 D 正

确。

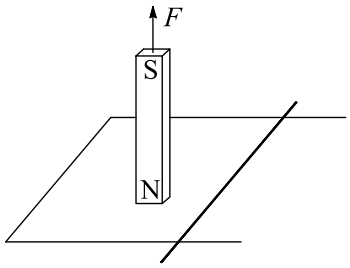
19. 一颗子弹以水平速度 v_0 穿透一块在光滑水平面上迎面滑来的木块后，二者运动方向均不变。设子弹与木块间相互作用力恒定，木块最后速度为 v，则 (AC)

A. v_0 越大，v 越大　　B. v_0 越小，v 越大

C. 子弹质量越大，v 越大　　D. 木块质量越小，v 越大

子弹穿过木块的过程中，两者间的相互作用力使木块和子弹都做减速运动，v_0 越大，子弹穿过的时间越短。木块减速时间越短，由 $v = v_{块} - at$ 知 v 越大，故 A 正确，B 错误；子弹质量越大，子弹的加速度越小，在木块中减速运动时间越短，同理知 v 越大，故 C 正确；木块质量越小，加速度越大，同理知 v 越小，故 D 错误。

20. 如图，光滑平行金属导轨固定在水平面上，左端由导线相连，导体棒垂直静置于导轨上构成回路。在外力 F 作用下，回路上方的条形磁铁竖直向上做匀速运动。在匀速运动过程中外力 F 做功 W_F，磁场力对导体棒做功 W_1，磁铁克服磁场力做功 W_2，重力对磁铁做功 W_G，回路中产生的焦耳热为 Q，导体棒获得的动能为 E_k。则 (BCD)



A. $W_1 = 0$　　B. $W_2 - W_1 = Q$

C. $W_1 = E_k$　　D. $W_F + W_G = Q + E_k$

由题知，磁场力对导体棒做的功等于导体棒获得的动能，即 $W_1 = E_k$，故 C 正确 A 错误；又 $W_2 = Q + E_k$，故 $W_2 - W_1 = Q$，故 B 正确；由功能关系，对磁铁 $W_F - W_2 + W_G = 0$，联立可得，故 D 正确。

21. 静电场是静止电荷周围空间存在的一种物质；通常用电势来描述电场的能的性质。

静电场是一种客观物质，是静止电荷周围存在的一种特殊物质，通常用电势来描述电场的能的性质。

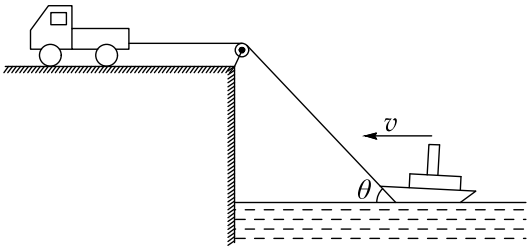
22.（本大题中第 22 题为分叉题，分 A、B 两类，考生可任选一类答题。若两类试题均做，一律按 A 类题计分。）

22A. 两小孩在冰面上乘坐“碰碰车”相向运动。A 车总质量为 50 kg，以 2 m/s 的速度向右运动；B 车总质量为 70 kg，以 3 m/s 的速度向左运动。碰撞后，A 以 1.5 m/s 的速度向左运动，则 B 的速度大小为 0.5 m/s，方向向左（选填“左”或“右”）。

22B．两靠得较近的天体组成的系统称为双星，它们以两者连线上某点为圆心做匀速圆周运动，因而不至于由于引力作用而吸引在一起。设两天体的质量分别为 m_1 和 m_2，则它们的轨道半径之比 $R_{m1}:R_{m2}=m_2:m_1$；速度之比 $v_{m1}:v_{m2}=m_2:m_1$。

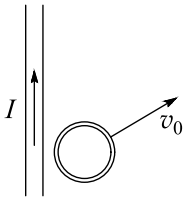
> 22A．规定向右为正方向，由动量守恒定律 $m_Av_A+m_Bv_B=m_Av'_A+m_Bv'_B$，解得 $v'_B=-0.5\,\mathrm{m/s}$，所以 B 的速度大小为 $0.5\,\mathrm{m/s}$，方向向左。
>
> 22B．双星的角速度相等，由 $\frac{Gm_1m_2}{r^2}=m_1\omega^2R_{m_1}=m_2\omega^2R_{m_2}$ 知，轨道半径与质量成反比，所以 $R_{m_1}:R_{m_2}=m_2:m_1$，由 $v=\omega R$ 知，线速度与半径成正比，所以 $v_{m_1}:v_{m_2}=m_2:m_1$。

23. 如图，汽车在平直路面上匀速运动，用跨过光滑定滑轮的轻绳牵引轮船，汽车与滑轮间的绳保持水平。当牵引轮船的绳与水平方向成 θ 角时，轮船速度为 v，绳的拉力对船做功的功率为 P，此时绳对船的拉力为$\frac{P}{v\cos\theta}$。若汽车还受到恒定阻力 f，则汽车发动机的输出功率为$P+fv\cos\theta$。



> 船速为 v，车的速度等于绳子的速度，大小为 $v\cos\theta$，绳子对船的拉力为 $F=\frac{P}{v\cos\theta}$，汽车发电机的输出功率为 $(F+f)v\cos\theta=\left(\frac{P}{v\cos\theta}+f\right)v\cos\theta=P+fv\cos\theta$。

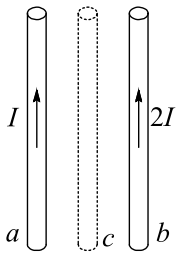
24. 如图，一无限长通电直导线固定在光滑水平面上，金属环质量为 $0.02\,\mathrm{kg}$，在该平面上以 $v_0=2\,\mathrm{m/s}$、与导线成 $60°$ 角的初速度运动，其最终的运动状态是匀速直线运动，环中最多能产生 $0.03\,\mathrm{J}$ 的电能。



> 由无限长通电直导线周围的磁场分布可知，圆环在垂直导线的方向上受安培力，做减速运动，在沿导线方向受力平衡，做匀速直线运动，最终圆环沿导线方向做匀速直线运动，最多能产生的电能为 $W=\Delta E_k=\frac{1}{2}m(v_0\sin60°)^2=0.03\,\mathrm{J}$。

25. 如图，两根通电长直导线 a、b 平行放置，a、b 中的电流强度分别为 I 和 $2I$，此时 a 受到的磁场力为 F，若以该磁场力的方向为正，则 b 受到的磁场力为$-F$。当在 a、b

的正中间再放置一根与 a、b 平行共面的通电长直导线 c 后，a 受到的磁场力大小变为 $2F$，则此时 b 受到的磁场力为$-3F$ 或 $5F$。



a、b 之间的磁场力为作用力和反作用力，故 b 受到的磁场力大小也为 F，方向与 F 方向相反，所以是 $-F$；若放 c 后 a 受到的磁场力为 $2F$，由题意，c 对 a 的磁场力为 F，那么，c 对 a 的作用力为 $-2F$，b 受到的磁场力为 $-3F$。若放 c 后 a 受到的磁场力为 $-2F$，由题意，c 对 a 的磁场力为 $-3F$，那么，c 对 b 的磁场力为 $6F$，b 受到的磁场力为 $5F$。

26. 在“用 DIS 研究通电螺线管的磁感应强度”实验中

(1) 在对螺线管通电前（选填“前”或“后”）必须对磁传感器进行调零。

(2)（单选题）实验时，将磁传感器探管前端插至通电螺线管轴线中点时，磁传感器读数为 5 mT。减小通电螺线管的电流后，将探管从螺线管的另一端插入，当探管前端再次到达螺线管轴线中点时，磁传感器的读数可能为

A. 5 mT　　B. −5 mT　　C. 3 mT　　D. −3 mT

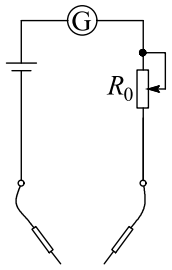
(1) 前　(2) D

（1）在通电前要对传感器进行调零；（2）减小电流，磁感应强度会变小，方向不变，由于探管从另一端插入，故 D 正确。

27. 如图是一个多用表欧姆档内部电路示意图。电流表满偏电流 0.5 mA、内阻 10 Ω；电池电动势 1.5 V、内阻 1 Ω；变阻器 R_0 阻值 0 ~ 5000 Ω。

(1) 该欧姆表的刻度值是按电池电动势为 1.5 V 刻度的，当电池的电动势下降到 1.45 V、内阻增大到 4 Ω 时仍可调零。调零后 R_0 阻值将变小（选填“大”或“小”）；若测得某电阻阻值为 300 Ω，则这个电阻的真实值是 290 Ω。

(2) 若该欧姆表换了一个电动势为 1.5 V、内阻为 10 Ω 的电池，调零后测量某电阻的阻值，其测量结果准确（选填“偏大”、“偏小”或“准确”）。



(1) 小，290 Ω (2) 准确

（1）由欧姆表的调零原理知 $\frac{E}{0.5\,\mathrm{mA}} = R_0 + 10\,\Omega + r$，可知 $E = 1.5\,\mathrm{V}$、$r = 1\,\Omega$ 时 $R_0 = 2989\,\Omega$，$E = 1.45\,\mathrm{V}$、$r = 4\,\Omega$ 时，$R_0 = 2886\,\Omega$，调零后 R_0 阻值将变小；设测得 $R_x = 300\,\Omega$ 时对应的电流表偏转为 I_x，则 $1.5\,\mathrm{V} = I_x(3000\,\Omega + 300\,\Omega)$，$1.45\,\mathrm{V} = I_x(2900\,\Omega + R_{真})$，可得 R_x 的真实值为 $R_{真} = 290\,\Omega$。

（2）由（1）的计算可知欧姆表内的电池电动势变化影响测量的准确性，电池内阻变化不影响测量的准确性，所以测量结果准确。

28. 改进后的“研究有固定转动轴物体平衡条件”的实验装置如图所示，力传感器、定滑轮固定在横杆上，替代原装置中的弹簧秤。已知力矩盘上各同心圆的间距均为 5 cm。

(1)（多选题）做这样改进的优点是

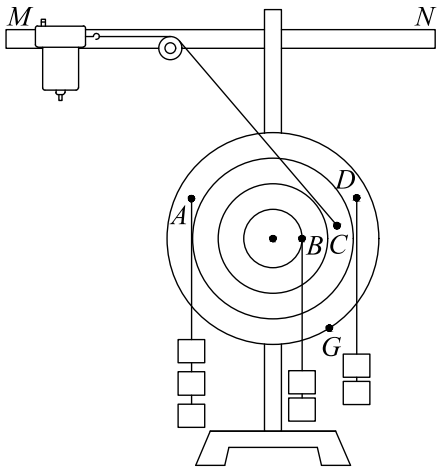
A. 力传感器既可测拉力又可测压力

B. 力传感器测力时不受主观判断影响，精度较高

C. 能消除转轴摩擦引起的实验误差

D. 保证力传感器所受拉力方向不变

(2) 某同学用该装置做实验，检验时发现盘停止转动时 G 点始终在最低处，他仍用该盘做实验。在对力传感器进行调零后，用力传感器将力矩盘的 G 点拉到图示位置，此时力传感器读数为 3 N。再对力传感器进行调零，然后悬挂钩码进行实验。此方法能（选填“能”、“不能”）消除力矩盘偏心引起的实验误差。已知每个钩码所受重力为 1 N，力矩盘按图示方式悬挂钩码后，力矩盘所受顺时针方向的合力矩为 0.7 N · m，力传感器的读数为-0.5 N。



(1) BD　(2) 能，$0.7\,\mathrm{N\cdot m}$，$-0.5\,\mathrm{N}$

（1）力传感器只能测量拉力，故 A 错误；力传感器不用实验者目测读数，不受主观判断影响，精度较高，故 B 正确；该装置无法消除转轴摩擦引起的实验误差，故 C 错误；力传感器、定滑轮固定在横杆上，保证力传感器所受拉力方向不变，故 D 正确。

（2）能消除力矩盘偏心带来的误差；顺时针合力矩为 $2\times0.05\,\mathrm{N\cdot m}+2\times0.15\,\mathrm{N\cdot m}+3\times0.1\,\mathrm{N\cdot m}=0.7\,\mathrm{N\cdot m}$；此时绳上拉力为 $\frac{0.7-3\times0.15}{0.1}\,\mathrm{N}=2.5\,\mathrm{N}$，故传感器读数为 $2.5\,\mathrm{N}-3\,\mathrm{N}=-0.5\,\mathrm{N}$。

29. 简易温度计构造如图所示。两内径均匀的竖直玻璃管下端与软管连接，在管中灌入液体后，将左管上端通过橡皮塞插入玻璃泡。在标准大气压下，调节右管的高度，使左右两管的液面相平，在左管液面位置标上相应的温度刻度。多次改变温度，重复上述操作。

(1)（单选题）此温度计的特点是

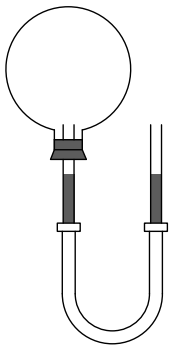
A. 刻度均匀，刻度值上小下大　　B. 刻度均匀，刻度值上大下小

C. 刻度不均匀，刻度值上小下大　　D. 刻度不均匀，刻度值上大下小

(2)（多选题）影响这个温度计灵敏度的因素有

A. 液体密度　　B. 玻璃泡大小　　C. 左管内径粗细　　D. 右管内径粗细

(3) 若管中液体是水银，当大气压变为 75 cmHg 时，用该温度计测得的温度值偏大（选填“偏大”或“偏小”）。为测得准确的温度，在测量时需调整两管液面高度差，使右管液面比左管液面高出 1 cm，然后读数。



(1) A (2) BC (3) 偏大，调整两管液面高度差，使右管液面比左管液面高出 1 cm，然后读数

（1）实验中调节左右两管液面相平，则玻璃泡内压强不变，始终等于大气压强，由气体状态方程可知，左管内密闭气体的体积与温度成正比，温度越高，体积越大，左管液面越低，所以刻度值为上小下大，故 A 正确。

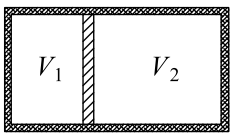
（2）温度改变时，左管高度改变得越大，灵敏度越高，即灵敏度可以表示为 $\frac{\Delta h}{\Delta T}$。由等压变化规律可知 $\frac{\Delta V}{\Delta T}=\frac{\Delta h}{\Delta T}S=\frac{V}{T}$，得 $\frac{\Delta h}{\Delta T}=\frac{V}{ST}$，式中 S 为左管的横截面积。所以左管内径越细，玻璃泡体积 V 越大灵敏度越高。右管与大气连通，其粗细对灵敏度没有影响，故 BC 正确。

（3）大气压强变小，左管液面会降低，测量的温度偏大；为了测量准确，可使右管比左管液面恰好高 1 cm 时读数，保证左管内密闭气体的压强等于标准大气压。

30. 如图，气缸左右两侧气体由绝热活塞隔开，活塞与气缸光滑接触。初始时两侧气体均处于平衡态，体积之比 $V_1:V_2=1:2$，温度之比 $T_1:T_2=2:5$。先保持右侧气体温度不变，升高左侧气体温度，使两侧气体体积相同；然后使活塞导热，两侧气体最后达到平衡。求：

(1) 两侧气体体积相同时，左侧气体的温度与初始温度之比；

(2) 最后两侧气体的体积之比。



(1) 2 (2) 5 : 4

（1）设初始时压强为 p。左侧气体满足 $\frac{pV_1}{T_1}=\frac{p'V}{kT_1}$，右侧气体满足 $pV_2=p'V$，解得 $k=\frac{V_2}{V_1}=2$。

（2）活塞导热达到平衡，左侧气体满足 $\frac{p'V}{kT_1}=\frac{p''V_1'}{T_1'}$，右侧气体满足 $\frac{p'V}{T_2}=\frac{p''V_2'}{T_2'}$，平衡

时 $T_1' = T_2'$，解得 $\frac{V_1'}{V_2'} = \frac{T_2}{kT_1} = \frac{5}{4}$。

31. 质量为 m 的小球在竖直向上的恒定拉力作用下，由静止开始从水平地面向上运动，经一段时间，拉力做功为 W，此后撤去拉力，球又经相同时间回到地面。以地面为零势能面，不计空气阻力。求：

(1) 球回到地面时的动能 E_{kt}；

(2) 撤去拉力前球的加速度大小 a 及拉力的大小 F；

(3) 球动能为 $\frac{W}{5}$ 时的重力势能 E_p。

(1) W　(2) $a = \frac{1}{3}g$，$F = \frac{4}{3}mg$　(3) $\frac{3}{5}W$ 或 $\frac{4}{5}W$

（1）撤去拉力时球的机械能为 W，由机械能守恒，回到地面时的动能 $E_{kt} = W$。

（2）设拉力作用时间为 t，在此过程中球上升 h，末速度为 v，则 $h = \frac{1}{2}at^2$，$v = at$，由题意有 $-h = vt - \frac{1}{2}gt^2$，解得 $a = \frac{1}{3}g$，根据牛顿定律 $F - mg = ma$，解得 $F = \frac{4}{3}mg$。

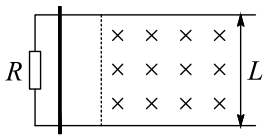
（3）动能为 $\frac{W}{5}$ 时球的位置可能在 h 的下方或上方。设球的位置在 h 下方离地 h' 处，$(F-mg)h' = \frac{1}{5}W$，而 $(F-mg)h = \frac{1}{4}W$，解得 $h' = \frac{4}{5}h$，重力势能 $E_p = mgh' = \frac{3}{5}W$。设球的位置在 h 上方离地 h'' 处，由机械能守恒 $\frac{1}{5}W + mgh'' = W$，因此 $E_p = mgh'' = \frac{4}{5}W$。

32. 如图（a），两相距 $L = 0.5\,\mathrm{m}$ 的平行金属导轨固定于水平面上，导轨左端与阻值 $R = 2\,\Omega$ 的电阻连接，导轨间虚线右侧存在垂直导轨平面的匀强磁场。质量 $m = 0.2\,\mathrm{kg}$ 的金属杆垂直置于导轨上，与导轨接触良好，导轨与金属杆的电阻可忽略。杆在水平向右的恒定拉力作用下由静止开始运动，并始终与导轨垂直，其 $v-t$ 图像如图（b）所示。在 $15\,\mathrm{s}$ 时撤去拉力，同时使磁场随时间变化，从而保持杆中电流为 0。求：

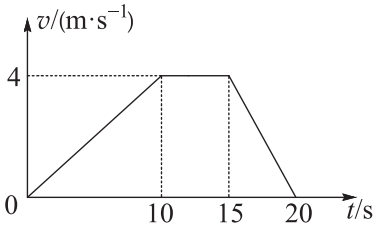
(1) 金属杆所受拉力的大小 F；

(2) $0 \sim 15\,\mathrm{s}$ 内匀强磁场的磁感应强度大小 B_0；

(3) $15 \sim 20\,\mathrm{s}$ 内磁感应强度随时间的变化规律。



图（a）



图（b）

(1) $F = 0.24\,\mathrm{N}$　(2) $B_0 = 0.4\,\mathrm{T}$　(3) $B_t = \frac{20}{50-(t-15)(t-25)}\,\mathrm{T}$

（1）由 $v-t$ 关系图可知在 $0\sim10\,\mathrm{s}$ 时间段杆尚未进入磁场，因此 $F-\mu mg=ma_1$，由图可得 $a_1=0.4\,\mathrm{m/s^2}$，同理可知在 $15\sim20\,\mathrm{s}$ 时间段杆仅在摩擦力作用下运动。$\mu mg=ma_2$，由图可得 $a_2=0.8\,\mathrm{m/s^2}$，解得 $F=0.24\,\mathrm{N}$。

（2）在 $10\sim15\,\mathrm{s}$ 时间段杆在磁场中做匀速运动，因此有 $F=\mu mg+\frac{B_0^2L^2v}{R}$，以 $F=0.24\,\mathrm{N}$，$\mu mg=0.16\,\mathrm{N}$ 代入，解得 $B_0=0.4\,\mathrm{T}$。

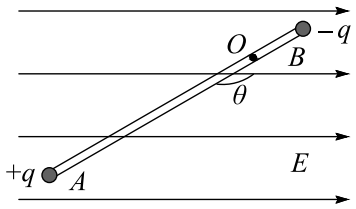
（3）由题意可知在 $15\sim20\,\mathrm{s}$ 时间段通过回路的磁通量不变，设杆在 $10\sim15\,\mathrm{s}$ 内运动距离为 d，$15\,\mathrm{s}$ 后运动距离为 x，$B_tL(d+x)=B_0Ld$，其中 $d=20\,\mathrm{m}$，$x=4(t-15)-0.4(t-15)^2$，由此可得 $B_t=\frac{B_0d}{d+x}=\frac{20}{50-(t-15)(t-25)}\,\mathrm{T}$。

33. 如图，在场强大小为 E、水平向右的匀强电场中，一轻杆可绕固定转轴 O 竖直平面内自由转动。杆的两端分别固定两电荷量均为 q 的小球 A、B，A 带正电，B 带负电；A、B 两球到转轴 O 的距离分别为 $2l$、l，所受重力大小均为电场力大小的 $\sqrt{3}$ 倍。开始时杆与电场间夹角为 θ（$90^\circ\le\theta\le180^\circ$）。将杆从初始位置由静止释放，以 O 点为重力势能和电势能零点。求：

(1) 初始状态的电势能 W_e；

(2) 杆在平衡位置时与电场间的夹角 α；

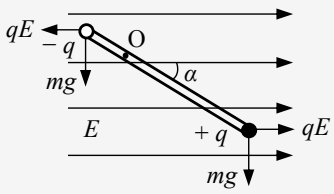
(3) 杆在电势能为零处的角速度 ω。



(1) $W_e=-3Eql\cos\theta$ (2) $\alpha=30^\circ$ (3) 当 $\theta<150^\circ$ 时，$\omega_1=\sqrt{\frac{2g}{5l}(1-\sin\theta-\sqrt{3}\cos\theta)}$；当 $\theta\ge150^\circ$ 时有两个位置，$\omega_1=\sqrt{\frac{2g}{5l}(1-\sin\theta-\sqrt{3}\cos\theta)}$，$\omega_2=\sqrt{\frac{2g}{5l}(-1-\sin\theta-\sqrt{3}\cos\theta)}$

（1）初态时 $W_e=q\varphi_A+(-q)\varphi_B=q(\varphi_A-\varphi_B)=qU_{AB}=-3Eql\cos\theta$。

（2）平衡位置如图。设小球质量为 m，合力矩为 $3Eql\sin\alpha-mgl\cos\alpha=0$，由此得 $\tan\alpha=\frac{mg}{3qE}=\frac{\sqrt{3}}{3}$，$\alpha=30^\circ$。



（3）由分析知，杆在电势能为零处时杆与电场方向垂直，可能 A 球在上、B 球在下，也可能 B 球在上、A 球在下。设杆与电场间夹角为 θ_0 时，A 球恰能到达 O 正上方，在此位置杆的角速度为 0。初态：$W_e = -3Eql\cos\theta_0$，$E_p = -mgl\sin\theta_0$；末态：$W_e' = 0$，$E_p' = mgl$。根据能量守恒有：$-3Eql\cos\theta_0 - mgl\sin\theta_0 = mgl$，可得 $\theta_0 = 150°$。当 $\theta < 150°$ 时，A 球无法到达最高点。当 A 位于 O 正下方处电势能为零。初态：$W_e = -3Eql\cos\theta$，$E_p = -mgl\sin\theta$，$E_k = 0$；末态：$W_e' = 0$，$E_p' = -mgl$，$E_k' = \frac{1}{2}m(\omega l)^2 + \frac{1}{2}m(\omega\cdot 2l)^2 = \frac{5}{2}ml^2\omega^2$。根据能量守恒有：$-3Eql\cos\theta - mgl\sin\theta = \frac{5}{2}ml^2\omega^2 - mgl$，$\omega = \sqrt{\frac{2mg(1-\sin\theta)-6qE\cos\theta}{5ml}} = \sqrt{\frac{2g}{5l}(1-\sin\theta-\sqrt{3}\cos\theta)}$。当 $\theta \geq 150°$ 时，电势能为零的位置有两处，即 A 位于 O 正下方或正上方处。在 A 位于 O 正下方时 $\omega = \sqrt{\frac{2g}{5l}(1-\sin\theta-\sqrt{3}\cos\theta)}$。在 A 位于 O 正上方时，有 $-3Eql\cos\theta - mgl\sin\theta = \frac{5}{2}ml^2\omega^2 + mgl$，$\omega = \sqrt{\frac{-2mg(1+\sin\theta)-6qE\cos\theta}{5ml}} = \sqrt{\frac{2g}{5l}(-1-\sin\theta-\sqrt{3}\cos\theta)}$。