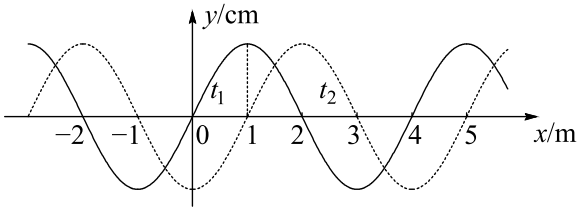
2004 年全国理综 III

1. 以 m_D、m_P、m_n 分别表示氘核、质子、中子的质量，则 (D)

A. $m_D = m_p + m_n$　　B. $m_D = m_p + 2m_n$　　C. $m_D > m_p + m_n$　　D. $m_D < m_P + m_n$

> 质子与中子聚变生成氘核过程中有质量亏损，释放能量，所以 $m_D < m_p + m_n$，故 D 正确。

2. 一简谐横波在图中 x 轴上传播，实线和虚线分别是 t_1 和 t_2 时刻的波形图，已知 $t_2 - t_1 = 1.0\,\mathrm{s}$。由图判断下列哪一个波速是不可能的 (D)



A. $1\,\mathrm{m/s}$　　B. $3\,\mathrm{m/s}$　　C. $5\,\mathrm{m/s}$　　D. $10\,\mathrm{m/s}$

> 由图可知波长 $\lambda = 4\,\mathrm{m}$。若波向右传播，$v = \frac{(n+\frac{1}{4})\lambda}{t_2 - t_1} = (4n+1)\,\mathrm{m/s}$（$n = 0, 1, 2, \ldots$），$v$ 的可能值为 $1\,\mathrm{m/s}$、$5\,\mathrm{m/s}$、$9\,\mathrm{m/s}$、…；若波向左传播，$v' = \frac{(n+\frac{3}{4})\lambda}{t_2 - t_1} = (4n+3)\,\mathrm{m/s}$（$n = 0, 1, 2, \ldots$），$v'$ 的可能值为 $3\,\mathrm{m/s}$、$7\,\mathrm{m/s}$、$11\,\mathrm{m/s}$、…，故 ABC 正确，D 错误。

3. 我们的银河系的恒星中大约四分之一是双星。某双星由质量不等的星体 S_1 和 S_2 构成，两星在相互之间的万有引力作用下绕两者连线上某一定点 C 做匀速圆周运动。由天文观察测得其运动周期为 T，S_1 到 C 点的距离为 r_1，S_1 和 S_2 的距离为 r，已知引力常量为 G。由此可求出 S_2 的质量为 (D)

A. $\frac{4\pi^2 r^2 (r - r_1)}{GT^2}$　　B. $\frac{4\pi^2 r_1^3}{GT^2}$　　C. $\frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}$　　D. $\frac{4\pi^2 r^2 r_1}{GT^2}$

> 取 S_1 为研究对象，由 $G\frac{m_1 m_2}{r^2} = m_1 \frac{4\pi^2}{T^2} r_1$，解得 $m_2 = \frac{4\pi^2 r^2 r_1}{GT^2}$，故 D 正确。

4. 分子间有相互作用势能，规定两分子相距无穷远时两分子间的势能为零。设分子 a 固定不动，分子 b 以某一初速度从无穷远处向 a 运动，直到它们之间的距离最小。在此过程中，a、b 之间的势能 (B)

A. 先减小，后增大，最后小于零　　B. 先减小，后增大，最后大于零

C. 先增大，后减小，最后小于零　　D. 先增大，后减小，最后大于零

> 当 b 分子以某一初速度从无穷远向 a 运动，在 $r > r_0$ 时，分子间表现为引力，分子力做正功，分子势能减小；当 $r < r_0$ 时，分子间表现为斥力，分子力做负功，分子

势能增加，由于开始时 $E_p + E_k > 0$，故分子动能为零时（即 a、b 相距最近时），分子势能大于零，故 B 正确。

5. 一矩形线圈位于一随时间 t 变化的匀强磁场内，磁场方向垂直线圈所在的平面（纸面）向里，如图 1 所示。磁感应强度 B 随 t 的变化规律如图 2 所示。以 I 表示线圈中的感应电流，以图 1 中线圈上箭头所示方向的电流为正，则以下的 $I-t$ 图中正确的是 (A)

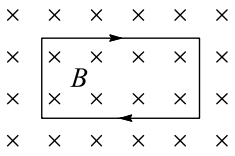


图 1

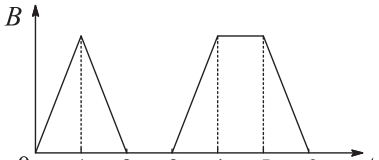
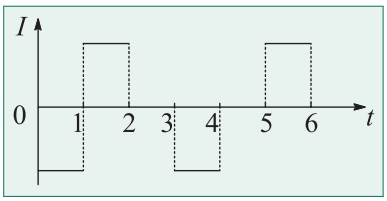
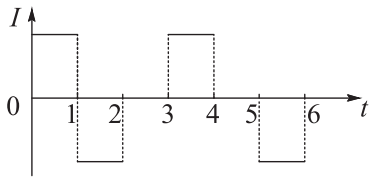


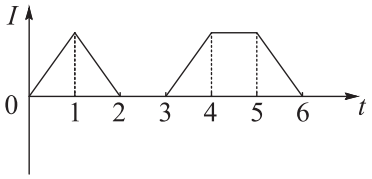
图 2



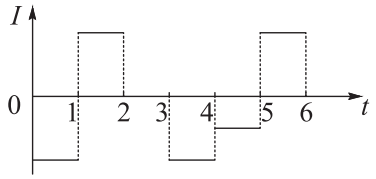
A.



B.



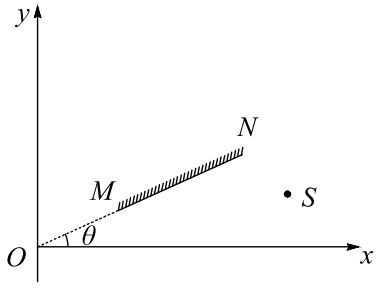
C.



D.

由题图可知，在 0 1s 时间内，磁感应强度均匀增大，感应电动势 $E = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = S \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t}$，感应电流 $I = \frac{E}{R} = \frac{S}{R} \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t}$ 为定值，由楞次定律判断出感应电流方向为逆时针方向，与图 1 中电流相反，为负值；同理可知 3 4s 内与 0 1s 相同，1 2s 和 5 6s 内与 0 1s 电流等大反向，2 3s 和 4 5s 内磁通量不变，无感应电流，故 A 正确。

6. 如图所示，S 为一在 xy 平面内的点光源。一平面镜垂直于 xy 平面放置，它与 xy 平面的交线为 MN，MN 与 x 轴的夹角 $\theta = 30°$。现保持 S 不动，令平面镜以速率 v 沿 x 轴正方向运动，则 S 经平面镜所成的像 (D)



A. 以速率 v 沿 x 轴正方向运动

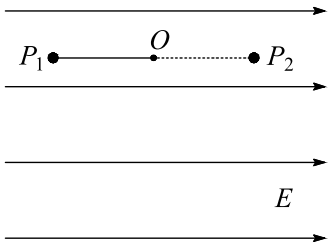
B. 以速率 v 沿 y 轴正方向运动

C. 以速率 $\frac{1}{2}v$ 沿像与 S 连线方向向 S 运动

D. 以速率 v 沿像与 S 连线方向向 S 运动

> 由平面镜成像的规律和对称性可知，像沿 $S'S$ 连线向 S 运动，由几何关系得像的速度 $v_0 = 2v\sin 30° = v$，故 D 正确。

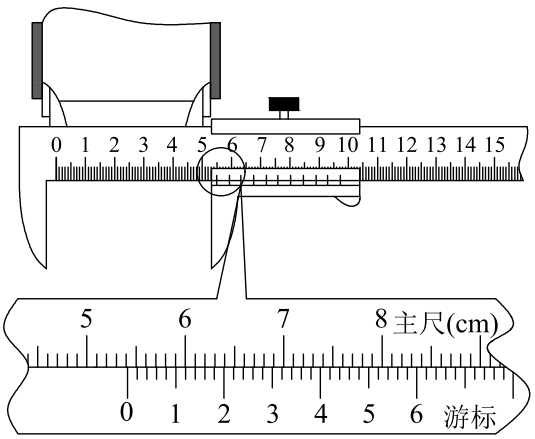
7. 一带正电的小球，系于长为 l 的不可伸长的轻线一端，线的另一端固定在 O 点，它们处在匀强电场中，电场的方向水平向右，场强的大小为 E。已知电场对小球的作用力的大小等于小球的重力。现先把小球拉到图中的 P_1 处，使轻线拉直，并与场强方向平行，然后由静止释放小球。已知小球在经过最低点的瞬间，因受线的拉力作用，其速度的竖直分量突变为零，水平分量没有变化，则小球到达与 P_1 点等高的 P_2 点时速度的大小为 (B)



A. $\sqrt{gl}$　　B. $\sqrt{2gl}$　　C. $2\sqrt{gl}$　　D. 0

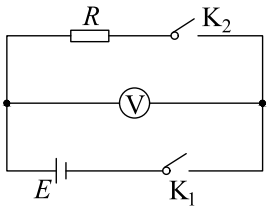
> 小球到最低点时，水平速度满足 $v_1^2 = 2\frac{qE}{m}\cdot l$，即 $v_1 = \sqrt{\frac{2qEl}{m}}$，从最低点到 P_2 过程中，由动能定理得 $qEl - mgl = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$，其中 $qE = mg$，解得 $v_2 = v_1 = \sqrt{\frac{2Eql}{m}} = \sqrt{2gl}$，故 B 正确。

8. 用游标为 50 分度的卡尺（测量值可准确到 0.02 mm）测定某圆筒的内径时，卡尺上的示数如图，可读出圆筒的内径为 54.14 mm。



主尺读数为 54 mm，游标尺读数为 $7 \times 0.02\,\text{mm} = 0.14\,\text{mm}$，故读数为 $54\,\text{mm} + 0.14\,\text{mm} = 54.14\,\text{mm}$。

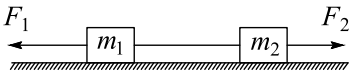
9. 图中 E 为直流电源，R 为已知电阻，V 为理想电压表，其量程略大于电源电动势，K_1 和 K_2 为开关。现要利用图中电路测量电源的电动势 E 和内阻 r，试写出主要实验步骤及结果表达式。



(1) 将 K_1 闭合，K_2 断开，记下电压表读数 U_1； (2) 将 K_1、K_2 均闭合，记下电压表读数 U_2； (3) 结果表达式：电源电动势 $E = U_1$，内阻 $r = \frac{U_1 - U_2}{U_2} R$。

本题原卷及材料中未提供详解，待补充。

10. 如图所示，两个用轻线相连的位于光滑水平面上的物块，质量分别为 m_1 和 m_2，拉力 F_1 和 F_2 方向相反，与轻线沿同一水平直线，且 $F_1 > F_2$。试求在两个物块运动过程中轻线的拉力 T。



$T = \frac{m_1 F_2 + m_2 F_1}{m_1 + m_2}$

设两物块一起运动的加速度为 a，由牛顿第二定律得

对整体，有

$F_1 - F_2 = (m_1 + m_2)a$ ①

对质量为 m_1 的物块，有

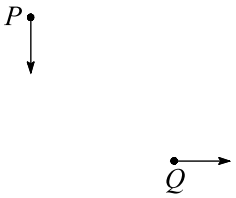
$F_1 - T = m_1 a$ ②

由①②两式得 $T = \frac{m_1 F_2 + m_2 F_1}{m_1 + m_2}$ ③。

11. 空间中存在方向垂直于纸面向里的匀强磁场，磁感应强度为 B，一带电量为 $+q$、质量为 m 的粒子，在 P 点以某一初速开始运动，初速方向在图中纸面内如图中 P 点箭头所示。该粒子运动到图中 Q 点时速度方向与 P 点时速度方向垂直，如图中 Q 点箭头所示。已知 P、Q 间的距离为 l。若保持粒子在 P 点时的速度不变，而将匀强磁场换成匀强电场，电场方向与纸面平行且与粒子在 P 点时速度方向垂直，在此电场作用下粒子也由 P 点运动到 Q 点。不计重力。求：

(1) 电场强度的大小；

(2) 两种情况中粒子由 P 运动到 Q 点所经历的时间之差。



(1) $E=\sqrt{2}\frac{qB^2l}{m}$　(2) $t_B-t_E=\left(\frac{\pi}{2}-1\right)\frac{m}{qB}$

（1）粒子在磁场中做匀速圆周运动，以 v_0 表示粒子在 P 点的初速度，R 表示圆周的半径，则有

$qv_0B=m\frac{v_0^2}{R}$ ①

由于粒子在 Q 点的速度垂直于它在 P 点时的速度，可知粒子由 P 点到 Q 点的轨迹为 $\frac{1}{4}$ 圆周，故有

$R=\frac{l}{\sqrt{2}}$ ②

以 E 表示电场强度的大小，a 表示粒子在电场中加速度的大小，t_E 表示粒子在电场中由 P 点运动到 Q 点经过的时间，则有

$qE=ma$ ③

$R=\frac{1}{2}at_E^2$ ④

$R=v_0t_E$ ⑤

由以上各式，得

$E=\sqrt{2}\frac{qB^2l}{m}$ ⑥

（2）因粒子在磁场中由 P 点运动到 Q 点的轨迹为 $\frac{1}{4}$ 圆周，故运动经历的时间 t_B 为圆周运动周期 T 的 $\frac{1}{4}$，即有

$t_B=\frac{1}{4}T$ ⑦

而

$T=\frac{2\pi R}{v_0}$ ⑧

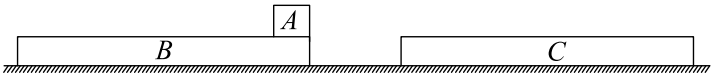
由⑦⑧和①式得

$t_B=\frac{\pi m}{2qB}$

由①⑤两式得 $t_E=\frac{m}{qB}$ ⑨

故经历的时间差为 $t_B-t_E=\left(\frac{\pi}{2}-1\right)\frac{m}{qB}$。

12. 如图所示，在一光滑的水平面上有两块相同的木板 B 和 C。重物 A（视为质点）位于 B 的右端，A、B、C 的质量相等。现 A 和 B 以同一速度滑向静止的 C、B 与 C 发生正碰。碰后 B 和 C 粘在一起运动，A 在 C 上滑行，A 与 C 有摩擦力。已知 A 滑到 C 的右端而未掉下。试问：从 B、C 发生正碰到 A 刚移到 C 右端期间，C 所走过的距离是 C 板长度的多少倍。



$\frac{7}{3}$

设 A、B、C 的质量均为 m，碰撞前，A 与 B 的共同速度为 v_0，碰撞后 B 与 C 的共同速度为 v_1。对 B、C，由动量守恒定律得

$mv_0 = 2mv_1$ ①

设 A 滑至 C 的右端时，三者的共同速度为 v_2。对 A、B、C，由动量守恒定律得

$2mv_0 = 3mv_2$ ②

设 A 与 C 的动摩擦因数为 μ，从发生碰撞到 A 移至 C 的右端时 C 所走过的距离为 s，对 B、C，由功能关系

$\mu mgs = \frac{1}{2}(2m)v_2^2 - \frac{1}{2}(2m)v_1^2$ ③

设 C 的长度为 l，对 A，由功能关系

$\mu mg(s+l) = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}mv_2^2$ ④

由以上各式解得

$\frac{s}{l} = \frac{7}{3}$ ⑤