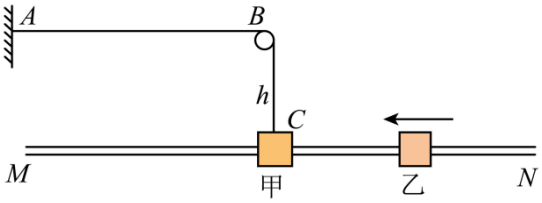
力学压轴选择题

1.（2026年3月湖南新高考联盟模拟）如图所示，绝缘水平导轨MN上有质量分别为$m=1\text{kg}$和$M=3\text{kg}$的滑块甲、乙。劲度系数$k=100\text{N/m}$的轻质弹性绳左端与A点连接，右端跨过固定在导轨正上方$h=0.2\text{m}$处的轻质光滑小滑轮B与甲相连，弹性绳原长与AB段长度相等。甲不带电，乙带正电，电荷量$q=0.05\text{C}$，整个装置处于$E=400\text{N/C}$、方向水平向左的匀强电场中（图中未画出）。现乙以初速度$v_0=\dfrac{4\sqrt{3}}{3}\text{m/s}$与甲发生完全非弹性碰撞结合成一个整体。已知弹簧振子的周期$T=2\pi\sqrt{\dfrac{m_{振}}{k}}$，弹性绳弹性势能$E_p=\dfrac{1}{2}k(\Delta x)^2$（$\Delta x$为形变量），取$g=10\text{m/s}^2$，$\pi=3$。下列说法正确的有（　　）



A．若导轨光滑，两滑块向左运动的最大位移大小为0.6m

B．若导轨光滑，从碰撞结束到两滑块第一次回到碰撞点经历的时间为0.8s

C．若滑块与导轨间动摩擦因数$\mu=0.35$，且$f_{静max}=f_{滑}$，则弹性势能增量最大值为12.5J

D．若滑块与导轨间动摩擦因数$\mu=0.35$，且$f_{静max}=f_{滑}$，从碰撞结束至两滑块最终停止运动，滑块运动的总路程为0.5m

【答案】ABC

【解析】设弹性绳BC段与竖直方向夹角为θ，甲所受弹性绳弹力水平方向分力$F_x=k\triangle x\sin\theta=kx$，竖直方向分力$F_y=k\triangle x\cos\theta=kh$，保持不变。

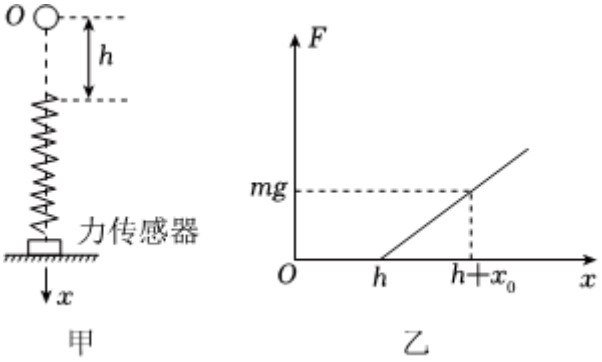
乙与甲发生完全非弹性碰撞，由动量守恒定律，$Mv_0=$（M+m）v，解得 $v=\sqrt{3}\text{m/s}$。

导轨光滑时，设碰撞后最大位移为v_m，由能量守恒定律，$\frac{1}{2}kh^2+\frac{1}{2}$（$M+m$）$v^2=\frac{1}{2}k(h^2+x_m{}^2)$，

解得 $v_m=0.6\text{m}$，A正确；甲乙整体在弹性绳弹力和静电力作用下做简谐运动，由 $qE-kx_0=0$，可得平衡位置$x_0=0.2\text{m}$，则 $A=x_m-x_0=0.4\text{m}$。由 $A\sin\varphi_0=x_0$，$t=\frac{\pi+2\varphi_0}{2\pi}T$，$T=2\pi\sqrt{\frac{M+m}{k}}$，联立解得 $t=0.8\text{s}$，B正确；

由$\frac{1}{2}kh^2+\frac{1}{2}(M+m)v^2+qEx_m'-\mu[(m+M)-kh]x_m'=\frac{1}{2}k(h^2+x'_m{}^2)$，解得$x'_m=0.5\text{m}$。弹性势能增量最大值为$\triangle E_{pm}=\frac{1}{2}k(h^2+x'_m{}^2)-\frac{1}{2}kh^2=12.5\text{J}$，C正确；由 $kx'_m>qE+\mu[(m+M)-kh]$，可知滑块运动到最左端会滑回，故总路程 $s>0.5\text{m}$，D错误。

2.（2026 年 3 月安徽滁州模拟）如图甲所示，轻弹簧竖直放置，下端连接固定在水平地面上的力传感器。一个质量为m的小球，从离弹簧上端高h处静止释放。以小球开始释放点为坐标原点O，竖直向下为x轴正方向，建立坐标轴Ox，力传感器记录了弹簧弹力大小F随小球下落距离x的变化关系图像如图乙所示。不计空气阻力，重力加速度为g。以下说法正确的是(　)



A. 当$x=h+x_0$时，小球重力势能与弹簧弹性势能之和最小

B. 力传感器示数的最大值等于$2mg$

C. 小球动能的最大值为$mgh+\frac{1}{2}mgx_0$

D. 小球运动到最低点时，弹簧的弹性势能为$mg(h+2x_0)$

【答案】AC

【解析】根据乙图可知，当$x=h+x_0$，弹簧的弹力等于小球的重力，此时小球的加速度为零，速度最大，动能最大。对于弹簧和小球组成的系统，根据机械能守恒可知，系统的动能、重力势能和弹性势能的总量保持不变，则此时重力势能与弹性势能之和最小，故 *A* 正确；

根据运动的对称性可知，小球运动的最低点大于$h+2x_0$，因$mg=kx_0$，可知小球受到的弹力最大值大于$2mg$，小球运动到最低点时，弹簧的弹性势能大于$mg(h+2x_0)$，故 *BD* 错误；

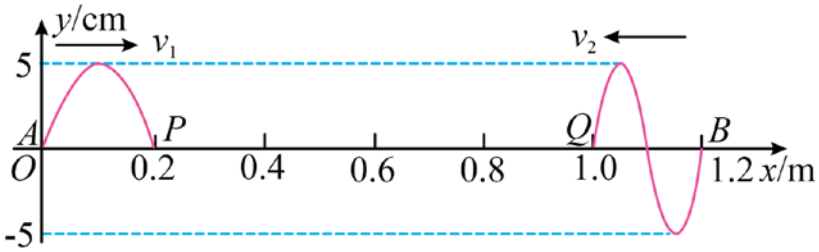
小球从静止释放至最大速度的过程中，根据动能定理得$mg(h+x_0)-W_{弹}=E_{km}$，其中克服弹簧的弹力做功$W_{弹}=\bar{F}x_0=\frac{0+mg}{2}x_0=\frac{1}{2}mgx_0$，可得$mg(h+x_0)-\frac{1}{2}mg\cdot x_0=E_{km}$，解得小球动能的最大值为$E_{km}=mgh+\frac{mgx_0}{2}$，故 *C* 正确。

【思路剖析】

当$x=h+x_0$，弹簧的弹力等于小球的重力，小球速度最大，小球重力势能与弹簧弹性势能之和最小；根据对称性分析小球运动的最低点位移大小，再确定力传感器示数的最大值以及弹簧的弹性势能；根据动能定理求小球动能的最大值。

本题关键是将物体的运动分为自由落体、加速下降和减速下降三个阶段，同时物体的动能和重力势能以及弹簧弹性势能总量守恒。

3.（2026 年 3 月安徽滁州模拟）如图所示，两位同学分别拉一根长为$1.2m$的绳两端A、B，$t=0$时刻，两同学同时抖动绳子两端，使A、B开始在竖直方向做简谐振动，产生沿绳传播的两列波，振源为A的波波速为v_1，振源为B的波波速为v_2。$t=0.4s$时，两列波恰好传播到P、Q两点，波形如图所示，则(　)



A. 两列波起振方向相反

B. $v_1=2v_2$

C. 到两列波相遇时，质点A经过的路程为$30cm$

D. $t=1.4s$时，$x=0.55m$处的质点偏离平衡位置的位移为$(5-2.5\sqrt{2})cm$

【答案】C

【解析】图示时刻两列波恰好传播到P、Q两点，根据上下坡法可得P、Q两点起振方向均竖直向上。因此两列波起振方向相同，A 错误；

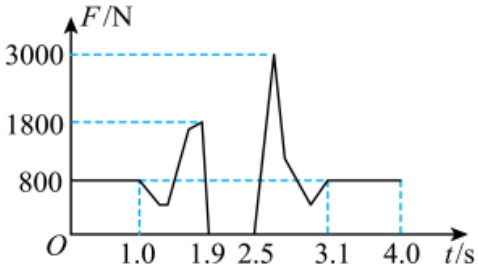
机械波的传播速度与介质有关，因在同一种介质中传播，故传播速度相同，B 错误；

两列波传播速度相同，均为$v=\frac{x}{t}=0.5m/s$，从图示时刻开始经$t_1=\frac{1.0-0.2}{2\times0.5}=0.8s$两列波相遇，质点$A$振动周期$T=2t=0.8s$，从开始至相遇共经历了$1.2s$，故$A$的路程$s=6A=30cm$，$C$ 正确；

经$t_2=\frac{0.55}{0.5}=1.1s$，左侧波源振动传播到$x=0.55m$质点，$t=1.4s$时质点振动了$0.3s$。左侧波源引起质点振动方程为$x=5\sin2.5\pi(t-t_2)(cm)$，代入时间可得左侧波源引起质点振动产生位移$x_{左}=\frac{5}{2}\sqrt{2}cm$，经$t_3=\frac{1.2-0.55}{0.5}=1.3s$，右侧波源振动传播到$x=0.55m$质点，$t=1.4s$时质点振动了$0.1s$。右侧波源周期为$0.4s$，故右侧波源引起质点振动的位移刚好为$x_{右}=5cm$。

根据波的叠加原理可得位移为$(5+2.5\sqrt{2})cm$，D 错误。

4.（2025 年 5 月山西三模）研究运动员竖直跳跃时，脚下的传感器记录了运动员与传感器间作用力的大小随时间的变化。如图所示，1.0s 时运动员开始起跳，3.1s 时恰好静止于传感器上。将运动员视为质点，不考虑空气阻力，取$g=10m/s^2$，下列说法正确的是（　　）



A. 刚离开传感器时，运动员的速度大小为3m/s

B. 起跳过程中，传感器对运动员的冲量为$240\mathrm{N}\cdot\mathrm{s}$

C. 2.5~3.1s 时间内，传感器对运动员平均作用力的大小约为 1200N

D. 1.0~1.9s 与 2.5~3.1s 时间内，运动员所受合力的冲量不同

【答案】AC

【解析】. 1.9s~2.5s 时间段内，运动员在空中做竖直上抛运动，初速度$v_0=g\frac{t_2}{2}=3\mathrm{m/s}$，故 A 正确；

由图像可知，0~1.0s 时间内运动员静止在传感器上，故$mg=F=800\mathrm{N}$

所以$m=80\mathrm{kg}$

1.0s~1.9s 时间段内是起跳过程，列动量定理 $I-mgt_1=mv_0$

代入数据可得$I=960\mathrm{N}$，故 B 错误；

以竖直向上为正方向，对运动员在 2.5s~3.1s 时间段内列动量定理方程$\bar{F}t_3-mgt_3=0-m\left(-v_0\right)$

代入数据可得$\bar{F}=1200\mathrm{N}$，故 C 正确；

在 1.0s~1.9s 与 2.5s~3.1s 两段时间内，运动员的动量变化量相等，由$I_{合}=\Delta p$可知运动员所受合力的冲量相同。故 D 错误。

5. (湖北省 2025 届八校三统联考)如图所示，光滑水平面上有两个质量均为 m 的物体 A、B，B 上连接一劲度系数为 k 的轻弹簧。物体 A 以初速度 v_0 向静止的物体 B 运动。从 A 接触弹簧到第一次将弹簧压缩到最短的时间为$t=\frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{m}{2k}}$，弹簧弹性势能为$E_{\mathrm{p}}=\frac{1}{2}kx^2$（$x$ 为弹簧的形变量），弹簧始终处于弹性限度内，下列说法正确的是（　　）



A. 弹簧的最大压缩量为$v_0\sqrt{\frac{m}{k}}$

B. 弹簧的最大压缩量为$v_0\sqrt{\frac{m}{2k}}$

C. 从开始压缩弹簧到弹簧第一次压缩最短的过程中，物体 A 的位移为$\frac{(\pi+1)v_0}{4}\sqrt{\frac{m}{2k}}$

D. 从开始压缩弹簧到弹簧第一次压缩最短的过程中，物体 B 的位移为$\frac{(\pi-2)v_0}{4}\sqrt{\frac{m}{2k}}$

【答案】BD

【解析】．弹簧压缩到最大时，A、B 的速度相同，以 A 初速度方向为正方向，根据动量守恒定律可得

$$mv_0=2mv$$

根据能量守恒定律可得

$$\frac{1}{2}mv_0^2=\frac{1}{2}\cdot 2mv^2+E_{\mathrm{pm}}$$

解得

$$E_{\mathrm{pm}}=\frac{1}{4}mv_0^2$$

根据弹性势能公式可得

$$x_{\mathrm{m}}=v_0\sqrt{\frac{m}{2k}}$$

故 A 错误，B 正确；

由动量守恒定律可得

$$m\overline{v_{\mathrm{A}}}+m\overline{v_{\mathrm{B}}}=mv_0$$

则有

$$m\overline{v_{\mathrm{A}}}t+m\overline{v_{\mathrm{B}}}t=mv_0t$$

故

$$mx_{\mathrm{A}}+mx_{\mathrm{B}}=mv_0t=\frac{mv_0\pi}{2}\sqrt{\frac{m}{2k}}$$

由 AB 选项分析可知

$$x_{\mathrm{A}}-x_{\mathrm{B}}=x_{\mathrm{m}}=v_0\sqrt{\frac{m}{2k}}$$

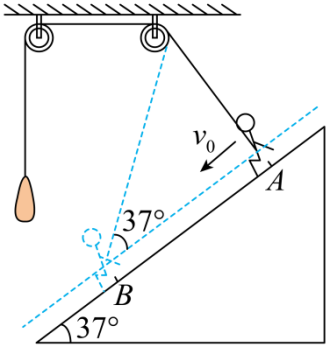
联合解得

$$x_{\mathrm{A}}=\frac{(\pi+2)v_0}{4}\sqrt{\frac{m}{2k}}$$

$$x_{\mathrm{B}}=\frac{(\pi-2)v_0}{4}\sqrt{\frac{m}{2k}}$$

故 C 错误，D 正确。

6. （江西吉安一中 2025 学年度下学期全真模拟考试）运动员为了练习腰部力量，在腰部拴上轻绳然后沿着斜面下滑，运动的简化模型如图所示，倾角为 37°的光滑斜面固定放置，质量为 m 运动员与质量为 m 的重物通过轻质细绳连接，细绳跨过天花板上的两个定滑轮，运动员从斜面上的某点由静止开始下滑，当运动到 A 点时速度大小为 $v_0=\frac{6}{5}\sqrt{2gL}$，且此时细绳与斜面垂直，当运动到 B 点时，细绳与斜面的夹角为 37°，已知 A、B 两点之间的距离为 $2L$，重力加速度为 g，运动员在运动的过程中一直未离开斜面，细绳一直处于伸直状态，不计细绳与滑轮之间的摩擦，运动员与重物（均视为质点）总在同一竖直面内运动，$\sin 37°=0.6$，$\cos 37°=0.8$，下列说法正确的是（　　）



A. 运动员在 A 点时，重物的速度大小为 $\frac{24}{25}\sqrt{2gL}$

B. 运动员从 A 点运动到 B 点，重物重力势能的增加量为 $\frac{mgL}{2}$

C. 运动员从 A 点运动到 B 点，系统总重力势能的减小为 $\frac{mgL}{5}$

D. 运动员在 B 点时，其速度大小为 $\frac{1}{2}\sqrt{2gL}$

【答案】C

【解析】. 设运动员的速度为 v'，绳与斜面夹角为 α，则沿绳方向的分速度即重物的速度为 $v_1=v'\cos\alpha$

垂直绳方向的分速度为 $v_2=v'\sin\alpha$

可知到 A 点时，细绳与斜面垂直，所以运动员在 A 点时，重物的速度大小为零，故 A 错误；

运动员从 A 点运动到 B 点，重物重力势能的增加量为 $\Delta E_{\mathrm{p1}}=mg\left(\frac{2L}{\cos 37°}-2L\tan 37°\right)=mgL$

故 B 错误；

运动员从 A 点运动到 B 点，运动员的重力势能减少 $\Delta E_{p2}=mg2L\sin 37°=\frac{6}{5}mgL$

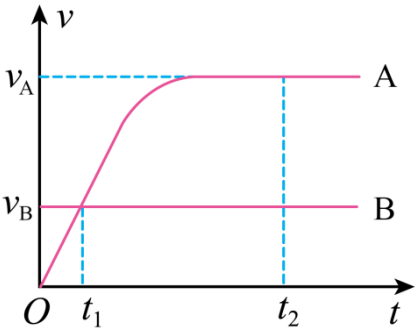
所以系统总重力势能的增加量为 $\Delta E_{p}=E_{p1}-E_{p2}=-\frac{1}{5}mgL$

即减少了 $\frac{1}{5}mgL$，故 C 正确；

根据系统机械能守恒可知，系统减少的重力势能等于系统增加的动能，有 $\frac{mgL}{5}=\frac{1}{2}mv^2+\frac{1}{2}m\left(v\cos 37°\right)^2-\frac{1}{2}mv_0{}^2$

可得运动员在 B 点时，其速度大小为 $v=\sqrt{2gL}$，故 D 错误。

7. （河西区 2024-2025 学年度第二学期高三年级总复习质量调查（二））A 车在平直公路上以恒定加速度启动，A 车启动的同时 B 车从其旁边沿相同的运动方向匀速驶过。A 车追上 B 车时恰好结束匀加速直线运动，如图所示为两车的 $v-t$ 图像。已知 A 车的额定功率为 P，且 A 车在运动过程中所受阻力恒定，则下列说法正确的是（　　）



A. A 车追上 B 车时，A 车的速度大小为 $2v_B$

B. $0-t_1$ 时间内，A 车所受合力小于 B 车所受合力

C. $0-t_1$ 时间内，A 车所受牵引力的大小为 $\frac{P}{v_B}$

D. $0-t_2$ 时间内，A 车所受牵引力做的功为 $P\left(t_2-t_1\right)$

【答案】AD

【解析】A 车追上 B 车时恰好结束匀加速直线运动，设此时 A 车的速度为 v，匀加速时间为 t，由于两车位移相等，则 $\frac{0+v}{2}t=v_Bt$

可得 $v=2v_B$

故 A 正确；

0~t_1时间内，A 车做匀加速直线运动，其合力提供加速度，A 车的速度为$v=2v_B$时，刚好达到额定功率 P，则匀加速运动的牵引力$F=\frac{P}{v}=\frac{P}{2v_B}$

设阻力恒为 f，当 A 车达到最大速度v_A时，牵引力 $F=f$，

则阻力$f=\frac{P}{v_A}$

可知 A 车所受合力为$F_{合}=F-f=\frac{P}{2v_B}-\frac{P}{v_A}$

B 车做匀速直线运动，合外力为 0，故 A 车所受合力大于 B 车所受合力，故 BC 错误；

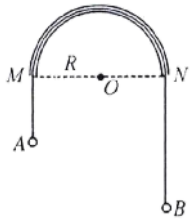
由图像可知，A 车匀加速运动的加速度$a=\frac{v_B}{t_1}$

匀加速运动的时间$t=\frac{v}{a}=\frac{2v_B}{a}=2t_1$

则 0~t_2时间内，在 0~t 时间内 A 车做匀加速直线运动，在 t~t_2时间内做恒功率运动，故 A 车所受牵引力做的功为$W=F\times\frac{1}{2}at^2+P\left(t_2-t\right)=P\left(t_2-t_1\right)$

故 D 正确。

8.（2025 年 5 月河南部分重点高中考前联考） 如图所示，一个光滑的半径为R的半圆形管道在竖直平面内固定放置，O为管道圆心，MN为水平直径。一条两端系有小球的细绳穿过管道，管道内径略大于小球直径，小球大小和绳的质量都忽略不计，小球 A、B 的质量分别为m和$2m$，初始时 A 球离M点的距离也为R，将 A 球由静止释放，随后无碰撞地进入管道，细绳始终处于绷紧。已知重力加速度为g，下列说法正确的是（　　）



A. 刚释放时绳上的拉力大小为$\frac{5mg}{3}$

B. A 球运动到管道的最高点时，管道对小球的作用力向上

C. A 球运动到 M 处时，对管道的压力大小为$\frac{4mg}{3}$

D. A 球运动到管道最高点时对管道的压力大小为$\left(\frac{2\pi}{3}-1\right)mg$

【答案】D

【解析】．刚释放时设绳上拉力为 T，对 A 有$T-mg=ma$

对 B 有$2mg-T=2ma$

联立可得$T=\frac{4mg}{3}$，故 A 错误；

当 A 球运动到M点的过程中，有$2mgR-mgR=\frac{1}{2}3mv_M^2$

解得$v_M=\sqrt{\frac{2gR}{3}}$

弹力提供向心力，有$F=m\frac{v_M^2}{R}=\frac{2}{3}mg$

故 C 错误；

A 球运动到最高点的过程中，根据动能定理有$2mg\left(R+\frac{\pi}{2}R\right)-mg\times 2R=\frac{1}{2}\left(m+2m\right)v^2$

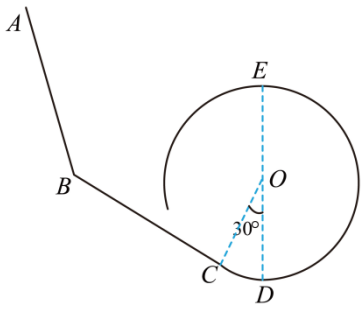
联立两式可得$v=\sqrt{\frac{2\pi gR}{3}}$

A 球在最高点时，向心力$F_{\mathrm{N}}+mg=m\frac{v^2}{R}=\frac{2\pi}{3}mg$

解得$F_{\mathrm{N}}=\left(\frac{2\pi}{3}-1\right)mg$

管道给小球 A 的弹力向下，B 错误，D 正确。

9.（河南商丘 2025 年 5 月考前冲刺）水平面内的试验轨道如图所示，长度均为 L 的直轨道 AB 和 BC 在 B 点平滑连接，BC 与半径$R=\frac{L}{2}$的圆弧轨道在 C 点相切，DE 为一条直径，O 为圆心，OC 与 OD 的夹角为$30°$。一辆电动小车从 A 点由静止启动，在 AB 和 BC 上分别做加速度不同的匀加速直线运动，经过 B、C 两点时的速率分别为 v 和 $2v$，经过 C 点后沿圆弧轨道做匀速圆周运动。则该小车（　　）



A. 在 BC 段的加速度大小为 $\frac{2v^2}{L}$

B. 在圆弧轨道上的向心加速度大小为 $\frac{4v^2}{L}$

C. 从 A 运动到 C 的平均速率为 $\frac{4}{3}v$

D. 从 B 运动到 E 的平均速率为 $\frac{24+14\pi}{16+7\pi}v$

【答案】D

【解析】．由速度—位移公式有 $v_C^2-v_B^2=2a_1L$

解得 $a_1=\frac{3v^2}{2L}$，故 A 错误；

小车在圆弧轨道上的向心加速度大小为 $a_2=\frac{v_C^2}{R}=\frac{8v^2}{L}$，故 B 错误；

小车从 A 运动到 B 所用时间为 $t_1=\frac{L}{\frac{v}{2}}=\frac{2L}{v}$

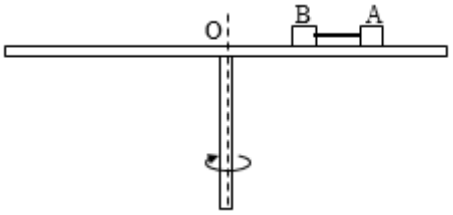
从 B 运动到 C 所用时间为 $t_2=\frac{L}{\frac{v}{2}+v}=\frac{2L}{3v}$

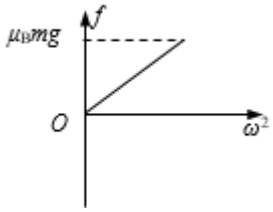
从 C 运动到 E 所用时间为 $t_3=\frac{2\pi R\times\frac{210°}{360°}}{2v}=\frac{7\pi L}{24v}$

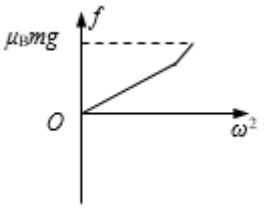
小车从 A 运动到 C 的平均速率为 $\overline{v}_1=\frac{2L}{t_1+t_2}=\frac{3}{4}v$，故 C 错误；

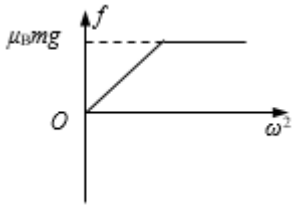
小车从 B 运动到 E 的平均速率为 $\overline{v}_2=\frac{L+2\pi R\times\frac{210°}{360°}}{t_2+t_3}=\frac{24+14\pi}{16+7\pi}v$，故 D 正确。

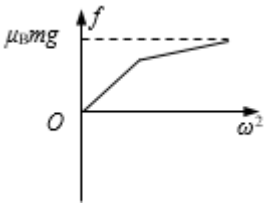
10. （2025 年 5 月贵州贵阳普通高中教学检测）如图所示，在水平圆盘圆心 O 的一侧，沿半径方向放着用轻杆相连的两个物体 A 和 B，A、B 的质量均为 m，与圆盘的动摩擦因数分别为 μ_A、μ_B，且最大静摩擦力等于滑动摩擦力。现使圆盘在不同的角速度 ω 下绕过 O 的竖直轴匀速转动，已知重力加速度为 g，则 B 未发生相对滑动前，其所受的静摩擦力 f 与 ω^2 的关系图像可能是（　　）



A.


B.


C.


D.


【答案】ABC

【解析】．在 A、B 都未滑动前，且轻杆无拉力时，对 B 物块，则有 $f = m\omega^2 r$

即 f 与 ω^2 成正比，且最大静摩擦力为 $f_{\mathrm{m}} = \mu_{\mathrm{B}} mg$，A 正确；

由于 $r_{\mathrm{A}} > r_{\mathrm{B}}$，若 $\mu_{\mathrm{A}} < \mu_{\mathrm{B}}$，随着 ω 逐渐增大，A 受到的静摩擦不足以提供其圆周运动的向心力，即 A 先滑动时，则有 $\mu_{\mathrm{A}} mg = m\omega_1^2 r_{\mathrm{A}}$

解得 $\omega_1 = \sqrt{\dfrac{\mu_{\mathrm{A}} g}{r_{\mathrm{A}}}}$

当 $\omega > \omega_1$ 弹性杆开始出现拉力，此时，对于 A 则有 $T + \mu_{\mathrm{A}} mg = m\omega^2 r_{\mathrm{A}}$

对于 B 则有 $f_{\mathrm{B}} - T = m\omega^2 r_{\mathrm{B}}$

联立解得 $f_{\mathrm{B}} = m(r_{\mathrm{A}} + r_{\mathrm{B}})\omega^2 - \mu_{\mathrm{A}} mg$

由此可知，在 $f - \omega^2$ 的图像中，其斜率变大，B 正确，D 错误；

若 μ_{B} 较小时，B 的静摩擦力达到最大时，在 B 的摩擦力未达到最大时，且细杆间无弹力，则有

$f_{\mathrm{B}}=m\omega^2 r_{\mathrm{B}}$

此时 f 与 ω^2 成正比，随着 ω 的增大，静摩擦力达到最大时，不再发生变化，其余向心力有杆的弹力提供，即为 $f_{\mathrm{m}}=\mu_{\mathrm{B}}mg$，C 正确。

11. （2025 安徽黄山 4 月联考）黄山的玉屏索道全长 $2700\mathrm{m}$，全程只需要 $8\mathrm{min}$，大大缩短了游客登山的时间。如图所示，缆车最大速度为 $6\mathrm{m/s}$。若将缆车的运动看成直线运动， 缆车由静止出发到最终停下，通过索道全程的运动分为匀加速、匀速、匀减速三个阶段，启动和减速过程中缆车的加速度大小相同，则（　　）



A. 缆车匀加速运动的时间为 $30\mathrm{s}$

B. 缆车匀加速运动的位移大小为 $180\mathrm{m}$

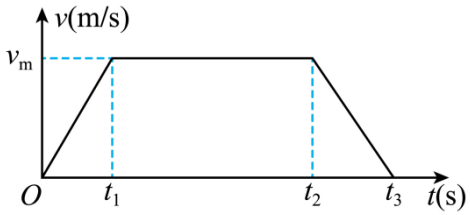
C. 缆车匀速运动的时间为 $360\mathrm{s}$

D. 最后 $1\mathrm{min}$ 内缆车的位移大小为 $180\mathrm{m}$

【参考答案】A

【名师解析】

作出缆车运动的 $v-t$ 图像，如图所示



设匀加速时间为 t_1，匀速时间为 t_2，匀减速时间为 t_3，由运动学公式可得

$$x=\frac{t_2+t}{2}\cdot v_{\mathrm{m}},\quad t=8\times 60\mathrm{s}=480\mathrm{s}$$

代入数据解得，缆车匀速运动的时间为

$$t_2=420\mathrm{s}$$

故 C 错误；

启动和减速过程中缆车的加速度大小相同，则

$$at_1 = at_3 = v_{\mathrm{m}}$$

所以缆车匀加速运动的时间为

$$t_1 = t_3 = \frac{t - t_2}{2} = \frac{480 - 420}{2}\mathrm{s} = 30\mathrm{s}$$

故 A 正确；

缆车匀加速运动的位移大小为 $x_1 = \frac{0 + v_{\mathrm{m}}}{2} \cdot t_1 = \frac{6}{2} \times 30\mathrm{m} = 90\mathrm{m}$

故 B 错误；

最后 1min 内缆车的位移大小为

$$x' = \frac{v_{\mathrm{m}} + 0}{2} t_3 + v_{\mathrm{m}}(t_4 - t_3)$$

其中

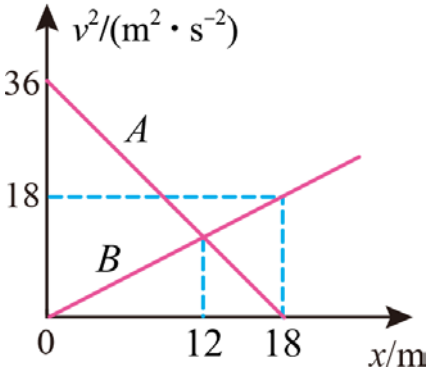
$$t_3 = 30\mathrm{s}\ ,\ \ t_4 = 60\mathrm{s}$$

解得

$$x' = 270\mathrm{m}$$

故 D 错误。

12. (山东德州 2025 年 5 月冲刺模拟)目前机器人研究迅猛发展。在某次测试中，机器人 A、B（均可视为质点）同时从原点沿相同方向做直线运动，它们的速度的平方（v^2）随位移（x）变化的图像如图所示。下列判断正确的是（　　）



A. 机器人 A 的加速度大小为 4m/s²

B. 相遇前机器人 A、B 最大距离为 12m

C. 经过 $t = 8\mathrm{s}$，机器人 A、B 相遇

D. 机器人 A、B 分别经过 $x = 16\mathrm{m}$ 处的时间差是 1s

【答案】B

【解析】．根据匀变速直线运动规律 $v^2 - v_0^2 = 2ax$

整理可得$v^2=2ax+v_0^2$

结合图像可知，机器人 A 的加速度为$2a_{\mathrm{A}}=k_{\mathrm{A}}=-\dfrac{36}{18}=-2\mathrm{m/s}^2$

解得$a_{\mathrm{A}}=-1\mathrm{m/s}^2$，即机器人 A 的加速度大小为$1\mathrm{m/s}^2$，A 错误；

根据上述分析，同理可知 A、B 两机器人均做匀变速运动，对于机器人 A，可得$v_{0\mathrm{A}}=6\mathrm{m/s}$，

$a_{\mathrm{A}}=-1\mathrm{m/s}^2$

对于机器人 B，可得$v_{0\mathrm{B}}=0$，$a_{\mathrm{B}}=\dfrac{1}{2}k_{\mathrm{B}}=\dfrac{1}{2}\times\dfrac{18}{18}\mathrm{m/s}^2=0.5\mathrm{m/s}^2$

设经过 t 时间二者速度相等，此时相距最远，则有$v_{0\mathrm{A}}+a_{\mathrm{A}}t=a_{\mathrm{B}}t$

代入数据解得$t=4\mathrm{s}$

两机器人共同的速度为$v=a_{\mathrm{B}}t=2\mathrm{m/s}$

机器人 A 的位移$x_{\mathrm{A}}=\dfrac{1}{2}(v_{0\mathrm{A}}+v)t=16\mathrm{m}$

机器人 B 的位移$x_{\mathrm{B}}=\dfrac{1}{2}vt=4\mathrm{m}$

二者之间的最大距离$\Delta x_{\min}=x_{\mathrm{A}}-x_{\mathrm{B}}=12\mathrm{m}$，B 正确；

机器人 A 停止运动的时间$t_{停}=\dfrac{0-v_{0\mathrm{A}}}{a_{\mathrm{A}}}=6\mathrm{s}$

设经过t_0时间两机器人相遇，则有$v_{0\mathrm{A}}t_0+\dfrac{1}{2}a_{\mathrm{A}}t_0^2=\dfrac{1}{2}a_{\mathrm{B}}t_0^2$

代入数据解得$t_0=8\mathrm{s}$

可见两机器人相遇应在机器人 A 停止运动之后，此时机器人 A 的位移为$x_{\mathrm{A}}=\dfrac{1}{2}v_{0\mathrm{A}}t_{停}=18\mathrm{m}$

机器人 B 追上的时间$t_{相遇}=\sqrt{\dfrac{2x_{\mathrm{A}}}{a_{\mathrm{B}}}}=6\sqrt{2}\mathrm{s}$，C 错误；

由题可知，机器人 A 经过$x=16\mathrm{m}$的时间为t_{A}，机器人 B 经过$x=16\mathrm{m}$的时间为t_{B}

机器人 A 则有$v_{0\mathrm{A}}t_{\mathrm{A}}+\dfrac{1}{2}a_{\mathrm{A}}t_{\mathrm{A}}^2=x$

整理可得$t_{\mathrm{A}}^2-12t_{\mathrm{A}}+32=0$

解得$t_{\mathrm{A}}=4\mathrm{s}$（另一解$t_{\mathrm{A}}=8\mathrm{s}$机器人 A 已停止运动，舍去）

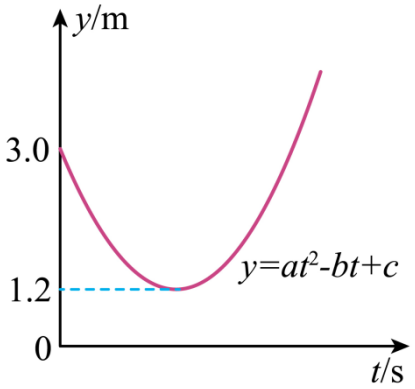
机器人 B 则有$\frac{1}{2}a_{\mathrm{B}}t_{\mathrm{B}}^2=x$

解得$t_{\mathrm{B}}=8\mathrm{s}$

机器人 A、B 分别经过$x=16\mathrm{m}$处的时间差$\Delta t=t_{\mathrm{B}}-t_{\mathrm{A}}=4\mathrm{s}$

D 错误。

13. （重庆高 2025 届学业质量调研第三次抽测）在校园运动会的投掷项目中，某同学将小沙包沿与水平方向成$53°$角斜向上抛出，同时用手机拍摄了小沙包的运动轨迹，以抛出时刻为计时起点，通过软件拟合出小沙包在竖直方向上的高度随时间变化的方程为：$y=at^2-bt+c$，如图。g取$10\mathrm{m/s}^2$，不计空气阻力，$\sin53°=0.8$，$\cos53°=0.6$，则（　　）



A. 小沙包抛出的点为坐标原点

B. 拟合方程中$a=5$，$b=6$，$c=3$

C. 沙包经过$0.6\mathrm{s}$回到与抛出点等高处

D. 抛出点与最高点间的水平距离为$2.7\mathrm{m}$

【答案】BD

【解析】根据题意以抛出时刻为计时起点，故抛出点也即零时刻的位置坐标为$3.0\mathrm{m}$，故 A 错误；

由$y=at^2-bt+c$可知$t=0$时，$c=3$

斜抛运动位置与时间关系式$y=at^2-bt+c=-v_0\sin53^\circ t+\frac{1}{2}gt^2+3$

故$a=\frac{1}{2}\times10=5$

根据图像知从抛出到最高点的高度差为$h_1=3.0\text{m}-1.2\text{m}=1.8\text{m}=\frac{1}{2}gt_1^2$

解得时间$t_1=0.6\text{s}$

又根据数学知识知$t_1=-\frac{b}{2a}$

解得$b=6$

故 B 正确；

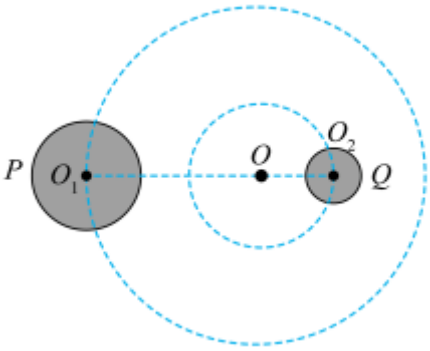
根据运动的对称性知，$t=1.2\text{s}=2t_1$时，小球到达与抛出点等高位置，故 C 错误；

根据 B 项分析知$-v_0\sin 53^\circ=-b=6$

解得$v_0=7.5\text{m/s}$

故抛出点与最高点间的水平距离为$x=(v_0\cos 53^\circ)t_1=2.7\text{m}$，故 D 正确。

14 如图所示，2022 年 7 月 15 日，由清华大学天文系祝伟教授牵头的国际团队近日宣布在宇宙中发现两个罕见的恒星系统。该系统均是由两颗互相绕行的中央恒星组成，被气体和尘埃盘包围，且该盘与中央恒星的轨道成一定角度，呈现出“雾绕双星”的奇幻效果。如图所示为该双星模型的简化图，已知 $O_1O_2=L_1$，$O_1O-OO_2=L_2>0$，假设两星球的半径远小于两球球心之间的距离。则下列说法正确的是（　　）



A．星球 P、Q 的轨道半径之比为$\frac{L_1+L_2}{L_1-L_2}$

B．星球 P 的质量大于星球 Q 的质量

C．星球 P、Q 的线速度之和与线速度之差的比值$\frac{L_1}{L_2}$

D．星球 P、Q 的质量之和与 P、Q 质量之差的比值$\frac{L_1}{L_2}$

【答案】ACD

【解析】设星球 P、Q 的轨道半径分别为 r_P、r_Q，由题图可知，$r_P+r_Q=L_1$，$r_P-r_Q=L_2$，解得：$r_P=\frac{L_1+L_2}{2}$，$r_Q=\frac{L_1-L_2}{2}$，则星球 P、Q 的轨道半径之比为$\frac{r_P}{r_Q}=\frac{L_1+L_2}{L_1-L_2}$，A 正确；星球 P、Q 环绕连线上 O 点做匀速直线运动，星球 P、Q 的角速度相等，又星球 P、Q 之间的万有引力提供向心力，所以星球 P、Q 做匀速圆周运动的向心力大小相等，则 $m_Pr_P\omega^2=m_Qr_Q\omega^2$，因为 $r_P>r_Q$，所以 $m_Q>m_P$，B 错误；星球 P、Q 的线速度分别为 $v_P=r_P\omega$，$v_Q=r_Q\omega$，星球 P、Q 的线速度之和为$\triangle v_1=v_P+v_Q=\omega L_1$，星球 P、Q 的线速度之差为$\triangle v_2=v_P-v_Q=\omega L_2$，星球 P、Q 的线速度之和与线速度之差的比值$\frac{\Delta v_1}{\Delta v_2}=\frac{L_1}{L_2}$，C 正确

由牛顿第二定律，对星体 P，$G\frac{m_Pm_Q}{L_1^2}=m_Pr_P\omega^2$，解得 $m_Q=\frac{r_P\omega^2L_1^2}{G}$

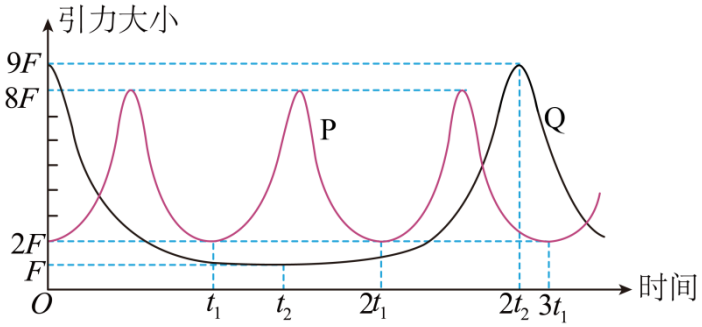
对星体 Q，$G\frac{m_Pm_Q}{L_1^2}=m_Qr_Q\omega^2$，解得 $m_p=\frac{r_Q\omega^2L_1^2}{G}$

星球 P、Q 的质量之和为 $m_p+m_Q=\frac{r_Q\omega^2L_1^2}{G}+\frac{r_P\omega^2L_1^2}{G}=\frac{\omega^2L_1^3}{G}$

星球 P、Q 的质量之差为 $m_p-m_Q=\frac{r_Q\omega^2L_1^2}{G}+\frac{r_P\omega^2L_1^2}{G}=\frac{\omega^2L_1^2}{G}L_2$

星球 P、Q 的质量之和与 P、Q 质量之差的比值$\frac{L_1}{L_2}$，D 正确。

15. （2025 年 5 月山东省模拟演练）卫星 P、Q 绕某行星运动的轨道均为椭圆，只考虑 P、Q 受到该行星的引力，引力大小随时间的变化如图所示，已知$t_2=\sqrt{2}t_1$。下列说法正确的是（　　）



A. P、Q 绕行星公转的周期之比为$1:2\sqrt{2}$

B. P、Q 到行星中心距离的最小值之比为$3:2$

C. P、Q 的质量之比为$32:81$

D. Q 的轨道长轴与短轴之比为$2:\sqrt{3}$

【答案】ACD

【解析】．由图可知

$$T_1:T_2=t_1:2t_2=1:2\sqrt{2}$$

故 A 正确：

当 P 离行星最近时

$$8F = G\frac{Mm_1}{d_1^{\ 2}}$$

当 P 离行星最远时

$$2F = G\frac{Mm_1}{d_2^{\ 2}}$$

当 Q 离行星最近时

$$9F = G\frac{Mm_2}{l_1^{\ 2}}$$

当 Q 离行星最远时

$$F = G\frac{Mm_2}{l_2^{\ 2}}$$

由开普勒第三定律可知

$$\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2 = \left(\frac{\frac{d_1+d_2}{2}}{\frac{l_1+l_2}{2}}\right)^3$$

联立解得

$$d_1 : l_1 = 2:3$$

故 B 错误；

由 B 可知

$$\frac{8F}{9F} = \frac{G\frac{Mm_1}{d_1^{\ 2}}}{G\frac{Mm_2}{l_1^{\ 2}}}$$

解得

$$m_1 : m_2 = 32:81$$

故 C 正确；

设卫星 Q的轨迹半长轴为 a，半短轴为 b，焦距为 c，则有

$$a = \frac{l_1+l_2}{2}$$

$$c = a - l_1$$

$$c^2 = a^2 - b^2$$

联立解得

$$a : b = 2 : \sqrt{3}$$

所以 Q 的轨道长轴与短轴之比为$2 : \sqrt{3}$，故 D 正确。