一、简答题：(每题 5 分，共 25 分)

(1)引力与距离 r 的平方成反比、引力的梯度与 r 的立方成反比，距离越小，梯度越大；天体不同位置的距离 r 不一致，存在引力差，进而产生潮汐现象。（3 分）地月之间的距离比日地之间的小很多，所以月球的影响大。（2 分）

(2)取行走速度 V=1m/s，人体质量 m=65kg （速度和质量设置合理，1 分）

地球自转角速度 $\omega=7.3\times10^{-5}$rad/s （1 分）

$$\mathrm{Fcor} = 2m\vec{\omega}X\vec{v} \quad (1\text{ 分})$$

南北向行走：$F_{cor1}=2m\omega*\sin(30°)=4.75\times10^{-3}$N，（1 分）

东西向行走：$F_{cor2}=2m\omega*\sin(90°)=9.49\times10^{-3}$N，（1 分）

所以，$4.75\times10^{-3}\mathrm{N}<F_{cor}<9.49\times10^{-3}\mathrm{N}$ (未讨论方向的区别只给其中一个的 1 分)

(3)向暖水瓶灌水时水与瓶壁撞击会激发声波。由于暖水瓶一端封闭一端开放，声波形成驻波，其波长满足：

$$\lambda = \frac{2L}{n+\frac{1}{2}}, \qquad (n = 0,1,2,\ldots)$$

其中，L是暖水瓶中未注水的部分，尤其是基频波长为$\lambda = 4L$。对应的频率

$\nu = c/\lambda$，随着L减小频率增大，因此声调升高。

提到驻波，得 2 分，给出驻波波长关系得 2 分，其余部分 1 分。

(4)不会（2 分）。设两个事件在一个参考系中的时空坐标为$(t1, x1),(t2, x2)$，为了书写简单，将空间位置信息用一维表示。两个事件有因果关系，可知$\frac{x_2-x_1}{t_2-t_1}<c$

由洛伦兹变换，可以验证两事件的时间差t_2-t_1的符号是确定的（不可能随参考系的选择而改变）。（3 分）

(5)在地面科学家看来，两束质子的相对运动速度是 2c (2 分)

这不违背爱因斯坦光速不变原理，狭义相对论里只规定了在任何一个惯性参考系，物体的运动速度不能超过真空光速，但两个质子(A 和 B)之间的相对速度是在科学家(C)看来的速度，并不是在 A 看来 B 的速度。在 C 看来 A 的速度没有超光速，在 C 看来，B 也没有超光速。因此，并不违背光速不变原理。 (3 分)

二、(15 分)

由伽利略变换，参考系 K'中，物体运动速度由$\vec{u}_1-\vec{v}$ 变为$\vec{u}_2-\vec{v}$，变化了$\vec{u}_2-\vec{u}_1$；与参考系 K 中的结果相同。（2 分）

动能变化为 $\frac{1}{2}m\left[(u_2-\upsilon)^2-(u_2-\upsilon)^2\right]=\frac{1}{2}m(u_2^2-u_2^2)-m(u_2-u_1)\upsilon$

与参考系 K 中的结果不同，相差 $m(u_2-u_1)\upsilon$。 （3 分）

伽利略变换仍适用，原因是在两个参考系中力的作用距离不同，所以做功大小不同。

都是惯性系，加速度相同，$a=F/m=\frac{u_2-u_1}{\Delta t}$。力的作用时间保持相同，设为 Δt，$\Delta t=\frac{u_2-u_1}{F}m$。 （2 分）

在参考系 K 中，位移为 s，有 $s=u_1t+\frac{1}{2}a(\Delta t)^2$，$Fs=\frac{1}{2}m(u_2^2-u_1^2)$ （3 分）

在参考系 K'中，位移为 s'，有 $s'=(u_1-\upsilon)\Delta t+\frac{1}{2}a(\Delta t)^2=s-\upsilon\Delta t$， （3 分）

所以有，$Fs'=Fs-F\upsilon\Delta t=\frac{1}{2}m(u_2^2-u_1^2)-m(u_2-u_1)\upsilon$，与动能变化相等，伽利略变换适用。 （2 分）

三、(20 分)

（1）圆环对中心轴的转动惯量：$I_0=MR^2$ （2 分）

由平行轴定理，圆环对挂点的转动惯量：$I=I_0+MR^2=2MR^2$ （3 分）

则复摆方程：$I\ddot{\varphi}+mgr*sin\varphi=0$，（$\phi\approx\sin\phi$） （2 分）

周期公式：$T=2\pi\sqrt{\frac{I}{mgr}}=2\pi\sqrt{\frac{2mr^2}{mgr}}=2\pi\sqrt{\frac{2r}{g}}$ （2 分）

带入数值，T=2.84s （1 分）

(2) 由正交轴定理，圆环绕直径的转动惯量 $I=I_0/2=MR^2/2$ （3 分）

同样由平行轴定理，圆环绕挂点的转动惯量：$I=MR^2+MR^2/2=3MR^2/2$ （2 分）

周期公式：$T=2\pi\sqrt{\frac{I}{mgr}}=2\pi\sqrt{\frac{3mr^2}{2mgr}}=2\pi\sqrt{\frac{3r}{2g}}$ （4 分）

带入数值，T=2.46s （1 分）

四、(10 分)

$\Delta\varphi=\frac{2\pi\Delta x}{\lambda}$，$\lambda=\frac{2\pi\Delta x}{\Delta\varphi}=\frac{2\pi\times 2\text{ cm}}{\pi/6}=24\text{ cm}$. （3 分）

$$c=\nu\lambda=10\text{Hz}\times 24\text{ cm}=240\text{ cm/s}.$$ （2 分）

因多普勒效应，$\lambda'=\lambda-v_s/\nu=(24-40/10)\text{cm}=20\text{ cm}.$ （3 分）

则 B 点的相位将比 A 点落后 $\Delta\varphi=\frac{2\pi\Delta x}{\lambda'}=\frac{2\pi\times 2}{20}=\frac{\pi}{5}$. （2 分）

五、(20 分)

平板带动两侧液体流动，速度呈线性分布，至边界流速为 0，板处速度为v　（2 分）

平板一边受到的粘滞应力为：$\tau_1=\eta\cdot\dfrac{v}{H-h}$　（4 分）

平板另一边受到的粘滞应力为：$\tau_2=\eta\cdot\dfrac{v}{h}$　（4 分）

两侧粘滞力方向一致，合力为：$F=(\tau_1+\tau_2)\cdot S=\eta\cdot\dfrac{vH}{(H-h)h}$　（6 分）

要求阻力最小则分布最大，所以有：$H-h=h$，即$h=\dfrac{H}{2}$　（3 分）

即板在中间位置时受到的阻力最小为：$F_{\min}=\dfrac{4\eta v}{H}$　（1 分）

六、(10 分)

在 S’系中，木棒在 x’轴和 y’轴的空间间隔分别为

$\Delta x' = L_1 cos\theta_1 = \frac{\sqrt{3}}{2}L_1 \qquad \Delta y' = L_1 sin\theta_1 = \frac{1}{2}L_1$　(1)　2 分

根据洛伦兹长度收缩，在 S 系中空间间隔

$\Delta x = \sqrt{1-v^2/c^2}\,\Delta x' = \frac{\sqrt{3}}{2}L_1\sqrt{1-v^2/c^2}$　(2)　1 分

$\Delta y = \Delta y' = \frac{1}{2}L_1$　(3)　1 分

根据题意，$\Delta x = L_2 cos\theta_2 = \frac{\sqrt{2}}{2}L_2$　(4)　1 分

$\Delta y = L_2 sin\theta_2 = \frac{\sqrt{2}}{2}L_2$　(5)　1 分

联立（3）和（5）可得$L_2 = \frac{\sqrt{2}}{2}L_1$　(6)　2 分

由（2）和（4）可得$\frac{\sqrt{2}}{2}L_2 = \sqrt{1-v^2/c^2}\,\frac{\sqrt{3}}{2}L_1$，代入（6）可得　$v = \frac{\sqrt{6}}{3}c$　2 分

又：根据（4）和（5）可得

$$tan\theta_2 = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}}\frac{\Delta_y'}{\Delta_x'} = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}}tan\theta_2$$

代入（1-3），同样可解得

$$v=\frac{\sqrt{6}}{3}c$$