华中农业大学本科课程考试试卷

考试课程与试卷类型：**大学物理学 A（期中）**

学年学期：2019-2020-1 考试日期：2019-11-

题 号	一	二	三	四	总 分
得 分					
评卷人					

※※※ 班级________ 姓名________ 学号________ ※※※

装 订 线

本题得分	

一、判断题（判断下列命题正误，正确的画"√"，错误的画"×"。每小题 2 分，共 10 分。）

1．受迫振动的稳态振幅取决于周期性驱动力的强弱，而与其频率无关. 【 × 】

2．作定常流动时，流体质元的运动轨迹与流线重合. 【√】

3．牛顿运动定律在任何参考系中都是成立的. 【 × 】

4．绕定轴转动的刚体所受的合外力矩越大就转得越快. 【 × 】

5．分析质点曲线运动时，自然坐标系的单位矢量不会都不变. 【√】

本题得分	

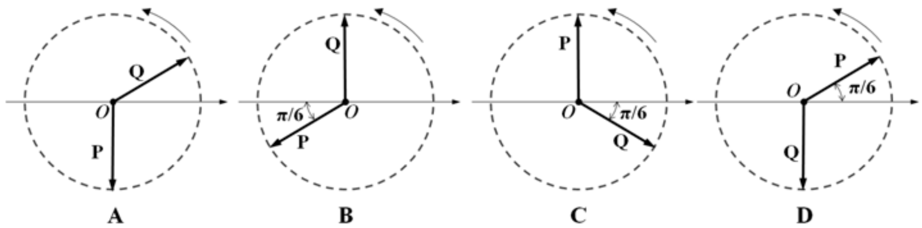
二、单项选择题（从下列各题的四个备选答案中选出一个最佳答案，并将答案代号写在试卷相应的位置。每小题 4 分，共计 20 分。）

1．在平面简谐机械波中，各质元作【 】，各质元的机械能【 】. B

A．简谐振动，守恒 .　　　　B．简谐振动，不守恒.

C．非简谐振动，守恒.　　　　D．非简谐振动，不守恒.

2．一平面简谐波波线上的两点 P 和 Q 相距 1/3 个波长，传播方向从 P 向 Q，若此时 P 点处质元处于平衡位置，则 P、Q 两处质元此时的振动矢量图可能为【 】. C



3．已知一个运动质点的位置矢量表达式为：$\vec{r}(t)=3t^2\,\vec{i}+\vec{j}+t\,\vec{k}$，其中位置矢量和时间的单位分别为 m 和 s，则该质点作【 】. C

A．非平面运动.　　　　B．垂直于 z 轴的平面内的椭圆运动.

C．垂直于 y 轴的平面内的抛物线运动　　　　D．垂直于 x 轴的平面内的抛物线运动.

4. 实际流体的流动存在层流和湍流等不同状态，以下关于流体流动状态的决定因素的说

法中正确的是【　　】. D

A. 仅取决于流速.　　　　　　B. 只取决于流体的密度和黏度.

C. 仅取决于流速和管径.　　　D. 由流速、密度、黏度和管径共同决定.

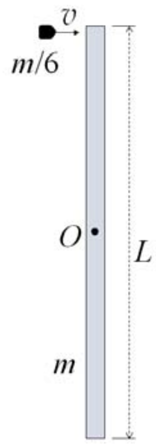
5．一个质点在重力场中作斜上抛运动，初速度大小为 v，仰角为 30°，重力加速度为 g，忽略空气阻力，则其运动轨迹在最高点的曲率半径为【　　】. A

A. $\dfrac{3v^2}{4g}$　　　B. $\dfrac{\sqrt{3}v^2}{2g}$　　　C. $\dfrac{v^2}{2g}$　　　D. $\dfrac{2v^2}{g}$

本题得分	

三、计算题（答案写在试卷相应位置，每题 18 分，共计 54 分）

1.如图所示，一个质量为 m、长度为 L 的均匀刚性细杆可绕穿过其中心的水平轴 O 在竖直平面内无摩擦地自由转动，当细杆静止于竖直位置时，一个质量为 $m/6$ 的子弹水平向右以速率 v 打在其上端并嵌入留在其中。求：（1）碰撞后杆和子弹组成的系统绕转轴的转动惯量；（2）碰撞后的瞬间系统的角速度；（3）求碰撞导致的系统机械能和系统动量变化，并分析其原因.



解：（1）由转动惯量的定义和可加性，系统的转动惯量为：

$$J=\frac{m}{6}\left(\frac{L}{2}\right)^2+\int_{-L/2}^{L/2}\frac{m}{L}x^2dx=\frac{1}{24}mL^2+\frac{1}{12}mL^2=\frac{1}{8}mL^2$$

（4 分）

（2）碰撞过程中，子弹和杆构成的系统所受的合外力矩为零，故角动量守恒：

$$\frac{m}{6}v\frac{L}{2}=J\omega$$

（5 分）

$$\Rightarrow\quad \omega=\frac{2v}{3L}$$

（2 分）

（3）碰撞导致的系统机械能变化为：

$$\Delta E=\Delta E_k=\Delta E_{k末}-\Delta E_{k初}=\frac{1}{2}J\omega^2-\frac{1}{2}m_{子弹}v^2=\frac{1}{2}\frac{1}{8}mL^2\left(\frac{2v}{3L}\right)^2-\frac{1}{2}\frac{m}{6}v^2=-\frac{mv^2}{18}$$

碰撞导致的系统动量变化为：

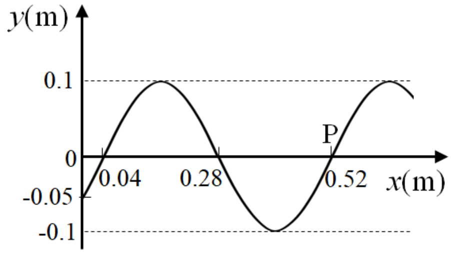
$$\Delta p=\frac{m}{6}v-\frac{m}{6}\frac{2v}{3L}\frac{L}{2}=\frac{m}{6}v-\frac{m}{18}v=\frac{1}{9}mv$$

（4 分）

碰撞导致系统的机械能减少，这是由于碰撞过程中子弹与杆之间的摩擦力做功(或非保守力做功)，导致系统机械能损失. 碰撞过程中轴对杆的约束力作用的冲量使得系统动量变化。

（3 分）

2. 一列沿 x 轴正方向传播的平面简谐机械波在 t=0 时刻的波形曲线如图所示，其波速为 0.24ms^{-1}。求：(1) x=0 处质元的振动表达式；(2)该波的波函数；(3)画出 P 点处质元的振动曲线。



解：（1）由图可知：

$$A=0.1\text{m}\ ,\ \lambda=0.48\text{m}\ ,\ \omega=\frac{2\pi u}{\lambda}=\pi\ \text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$$

0 时刻原点处 $y(0, 0)= -A/2$，通过波线曲线可知此时原点处质元向-y 方向运动，做矢量图(解析方法得到亦可)可得原点处初相位为 2π/3.

于是 x=0 处的振动表达式为：

$$y(0,t)=0.1\cos\left(\pi t+\frac{2}{3}\pi\right)\ \text{m}\ .$$

（6 分）

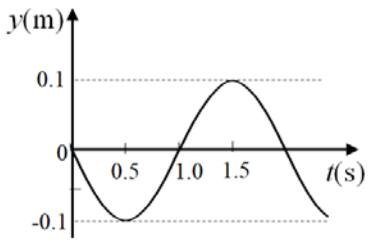
（2）从 x=0 处的振动表达式即可得到波函数为：

$$y(x,t)=0.1\cos\left(\pi t-\frac{25\pi}{6}x+\frac{2}{3}\pi\right)\ \text{m}\ .$$

（6 分）

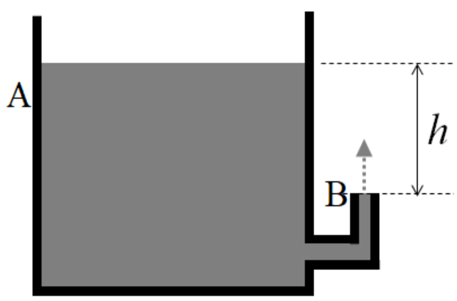
（3）在波函数中取 x=0.52m 即可得 P 点的振动表达式：

$$y_{\text{P}}(t)=0.1\cos\left(\pi t+\frac{\pi}{2}\right)\ \text{m}\ .$$



其函数曲线即为 P 点处质元的振动曲线（或从波形图由矢量法直接得到亦可）.（6 分）

3. 如图所示，一个蓄水池在下部的壁上有一个竖直向上的开口支管，其截面积远小于水池横截面积，管口在水面以下 h 处，整个装置处于大气中。把水当作理想流体且不考虑气流影响，问：（1）支管出口处水的流速是多少？（2）以支管出口处为高度参考零点，管口喷出的水柱能到达的最大高度是多少？（3）对于实际的水，分析第二问的结果会有何变化以及导致这种差异的原因。



解：（1）取任一连接水面 A 与支管出口处 B 的流线，以 B 处为重力势能零参考高度，利用伯努利方程可知：

$$p_A+\frac{1}{2}\rho v_A^2+\rho gh=p_B+\frac{1}{2}\rho v_B^2$$ （4 分）

又由连续性方程可得： $$S_A v_A=S_B v_B$$

考虑到 S_B<<S_A，于是有： $$v_A=\frac{S_B}{S_A}v_B\approx 0$$ （3 分）

且池中水面和管口处均与大气接触，故 p_A 和 p_B 均等于大气压，于是得：$v_B=\sqrt{2gh}$

（3分）

（2）设水柱最高到达 C 处，由伯努利方程：$p_B+\frac{1}{2}\rho v_B^2=p_C+\rho g h_C$

喷出的水柱被大气包围，p_B 和 p_C 均等于大气压，于是得：$h_C=\frac{v_B^2}{2g}=h.$ （4 分）

（3）实际的水有黏性，黏力做功会导致机械能损耗，水柱的最高处会低于上述结果。

（4分）

本题得分	

四、应用题（答案写在试卷相应位置，本题 16 分）

对瓶口吹气，瓶里的水量不同会发出不同声调的呜呜声；敲击同样材质和粗细的金属棒，棒长不同发出的声调也不一样……，我们周围诸如此类的现象还有很多，不同物体受到扰动时发出的声音往往有着不同的特有音调。请你运用波的干涉及驻波的相关知识，以固定在两根柱子之间的琴弦为例，对此类现象的原因做一简单分析。(假设弦中的机械波波速为确定值)

答：拨动琴弦的振动在弦中传播并在两端反射，由此形成同一直线两个相反方向传播的波，它们在弦上相干叠加形成驻波。弦的两端固定在柱子因而位移恒为 0，决定了弦的两端必定是驻波的波节，因此在一定的弦长条件下，对波长有限制，即：弦长 $L=k\lambda/2$，∴$\lambda=2L/k$，故振动频率 $f=ku/(2L)$ （k 为正整数，u 为波速)，在弦上形成的驻波振动需满足上述波长或频率条件。在波速确定的情况下，总体上弦越长发声的频率越低。

本题得分	

五、简答题（答案写在试卷相应位置，本题 8 分）

现在智能手机里一般都配有微机电陀螺仪(MEMS)，可以测量物理学中的科里奥利力。科里奥利力是一种惯性力。有人说，惯性力既有真实的一面，也有虚拟的一面。这句话的内涵是什么？

答：惯性力的真实性，指的是惯性力的力学效应是真实存在的；惯性力的虚拟性指的是，惯性力的存在是因为选取了非惯性系作为参考系，可以通过选取惯性参考系而消除，而且惯性力也找不到施力的物质来源。