主　　编　王　静
终　　审　李双孝
责　　编　于　敏
封面设计　海平面
照　　排　姚志莲

学习报《学·考·通》高考备考系列

●以专题为主线　●以考点为核心
●以训练为重点　●以提分为目标

化学（共 5 册）	生物（共 5 册）	物理（共 5 册）
①必修 1、2 ②选修 4 ③选修 3 ④选修 5 ⑤实验	①必修 1 ②必修 2 ③必修 3 ④选修 1 ⑤选修 3	①必修 1、必修 2、选修 3-5(1) ②选修 3-1、选修 3-2、选修 3-5(2) ③选修 3-3 ④选修 3-4 ⑤实验

报社地址　太原市三墙路坝陵北街盛世华庭 A1 座 21 层　邮编:030009
随时征订热线　0351-3239622　0351-3239623
编辑质量监督电话　3239626
高中各科电话（区号 0351）　语文 3239655　数学 3239640　物理、化学、生物 3239627
印刷:河南豫晋印务有限公司　印刷厂地址:郑州市管城区金岱工业园区
广告经营许可证号　1400004000044
本册定价　15.00 元

学习报®
http://www.xuexibao.com

高考备考
（本刊同样适用于高二年级）

山西出版传媒集团主管
山西三晋报刊传媒集团主办
学习报社编辑出版

全国教辅类一级报纸
国内统一刊号：CN14-0708/(F)
总编辑　苗俊青

2019-2020 学年
第 29-38 期　总第 1605-1614 期
出版日期：2020 年 2 月 5 日

XUE KAO TONG

学·考·通

高效学习
直通高考

物理

选修3-4

同步+复习

目录

Contents

第十一章　机械振动

简谐运动的描述 …… 3

简谐运动的图像问题 …… 4

简谐运动的回复力和能量 …… 5

单摆 …… 6

实验：用单摆测重力加速度 …… 8

外力作用下的振动 …… 9

机械振动　综合测试题 …… 10

第十二章　机械波

波的形成和传播 …… 12

波的图像 …… 13

波长、频率和波速 …… 16

振动图像与波动图像 …… 18

波的衍射和干涉 …… 20

多普勒效应 …… 22

惠更斯原理 …… 23

机械波　综合测试题 …… 24

第十三章　光

光的反射和折射 …… 26

全反射 …… 28

光的干涉 …… 29

实验：用双缝干涉测光的波长 …… 30

光的衍射 …… 30

光的偏振 …… 31

光的颜色、色散和激光 …… 32

光　综合测试题 …… 34

第十四章　电磁波 …… 36

第十五章　相对论简介 …… 37

真题演练

2019·新课标卷 …… 38

2018·新课标卷 …… 38

2017·新课标卷 …… 39

海南卷 …… 39

本册编委

（排名不分先后）

刘建青（山西省太原市小店区第一中学）

任海林（山西省太原市汾滿中学）

朱　芸（山西省太原市第十六中学校）

刘宝亮（山西省大同市第三中学）

郭素梅（山西省晋城市中原街中学）

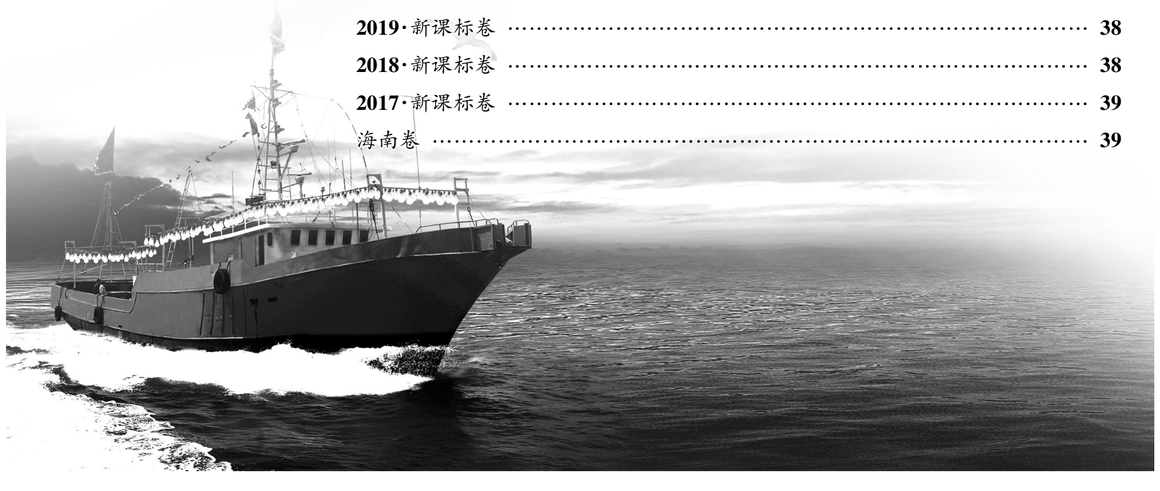
侯俊芳（山西省临汾市襄汾高级中学校）

武小强（宁夏回族自治区中卫郭滩学校）

王瑞军（山西省阳泉职业技术学院）

郭文明（山西省吉县第一中学校）

陈福忠（江西省）



第十一章　机械振动

简谐运动的描述

机械振动

1.**平衡位置**：振子原来静止时的位置。

2.**机械振动**：振子在平衡位置附近所做的往复运动，简称振动。

弹簧振子

1.**弹簧振子**：它是小球和弹簧组成的系统的名称，是一个理想模型。

2.**弹簧振子运动的规律**

弹簧振子原来静止的位置是平衡位置，振子振动过程中经过平衡位置位移是零，而速度最大，离开平衡位置时，位移变大，但速度变小，速度为零处是最大位移处，振动的位移是相对于平衡位置而言的。

3.**弹簧振子的路程**

一个周期内振子通过的路程是 $4A$，半个周期内通过的路程为 $2A$，而在四分之一周期的时间内通过的路程不一定是 A。只有物体从通过平衡位置或者最大位移处开始计时，四分之一周期内通过的路程才等于 A。

简谐运动

1.**简谐运动**：如果质点的位移与时间的关系遵从正弦函数的规律，即它的振动图像（x-t 图像）是一条正弦曲线，这样的振动叫做简谐运动。

2.**简谐运动特点**：简谐运动是最简单、最基本的振动。

3.**做简谐运动的物体在一个周期内将经历四个阶段**

（1）从平衡位置向着正方向最大位移运动，这一阶段运动速度逐渐减小而运动加速度逐渐增大；

（2）从正方向最大位移处向着平衡位置运动，这一阶段运动速度逐渐增大而运动加速度逐渐减小；

（3）从平衡位置向着负方向最大位移处运动，这一阶段运动速度逐渐减小而运动加速度逐渐增大；

（4）从负方向最大位移处向着平衡位置运动，这一阶段运动速度逐渐增大而运动加速度逐渐减小。

上述四个阶段无论是从时间上看或是从空间上看，都是关于平衡位置对称的。

振动的位移是无论物体从哪儿开始振动都以平衡位置为位移的起点；而运动的位移是指从初始位置到末位置的有向线段。

描述简谐运动的物理量

1.**振幅**（A）

（1）定义：振动物体离开平衡位置的最大距离。

（2）物理意义：表示振动强弱，是标量。

2.**全振动**

振子以相同的速度相继通过同一位置所经历的过程。

3.**周期**（T）**和频率**（f）

（1）周期：做简谐运动的物体，完成一次全振动所需的时间。

（2）频率：单位时间内完成全振动的次数。

（3）物理意义：周期和频率都是表示物体振动快慢的物理量，周期越小，频率越大，表示物体振动越快，周期与频率的关系是 $f=\frac{1}{T}$（用公式表示）。

4.**简谐运动的一般表达式**

$x=A\sin(\omega t+\varphi)$。式中 A 表示简谐运动的振幅；ω 是一个与频率成正比的量，表示简谐运动的快慢，$\omega=2\pi f=\frac{2\pi}{T}$。

5.**相位**

描述周期性运动在各个时刻所处的不同状态。$\omega t+\varphi$ 代表简谐运动的相位，φ 表示 $t=0$ 时的相位，叫做初相位。

6.**振幅与位移、路程的关系**

（1）振幅与位移：振动中的位移是矢量，振动中位移有某时刻的位移和某段时间内的位移之分，在数值上，振幅与位移的大小可能相等，但同一简谐运动中振幅是确定的，而位移随时间做周期性变化。

（2）振幅与路程：振动中的路程是标量，是随时间不断增大的，其中常用的定量关系是：一个周期内的路程为 4 倍的振幅，半个周期内的路程为 2 倍的振幅。

7.**对相位差的理解**

相位差指的是某一时刻的相位之差，两个具有相同 ω 的简谐运动，设其初相分别为 φ_1 和 φ_2，其相位差 $\Delta\varphi=(\omega t+\varphi_2)-(\omega t+\varphi_1)=\varphi_2-\varphi_1$。相位差的取值范围一般为 $-\pi\leqslant\Delta\varphi\leqslant\pi$。当 $\Delta\varphi=0$ 时，两运动步调完全相同，称为同相；当 $\Delta\varphi=\pi$（或 $-\pi$）时，两运动步调相反，称为反相。

8.**区分频率与速度**

简谐运动的频率与物体运动的快慢无关，描述物体运动的快慢用速度，而频率则是用来描述质点往复运动的快慢的，即描述振动快慢的量。质点速度最大时刻，不能说质点振动快，振动的快慢与物体运动的快慢意义不同。

9.**速度方向的改变**

做简谐运动的物体在一个周期内其速度的方向改变两次，频率越高，单位时间内所包含的周期个数越多，速度方向改变次数就越多。

10.**周期性与对称性**

做简谐运动的物体在运动过程中的各物理量既具有周期性，又具有关于平衡位置对称性。经历整数个周期时，物体回到原位置；经历半个周期的整数倍时，物体一定在关于平衡位置对称的位置上。

跟踪训练

1.关于简谐运动，下列说法正确的是　（　　）

A.物体做简谐运动时一定可以得到正弦曲线形状的轨迹线

B.只要振动图像是正弦曲线，物体一定做简谐运动

C.做简谐运动的物体，速度方向总跟位移方向相同

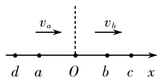
D.做简谐运动的物体每次经过同一位置时，都具有相同的位移、速度、加速度

2.（多选）弹簧振子做简谐运动，t_1 时刻速度为 v，t_2 时刻速度也为 v，且方向相同。已知（t_2-t_1）小于周期 T，则（t_2-t_1）（$v\neq0$）　（　　）

A.可能大于 $\frac{T}{4}$　　B.可能小于 $\frac{T}{4}$

C.一定小于 $\frac{T}{2}$　　D.可能等于 $\frac{T}{2}$

3.如图所示，弹簧振子在 d、c 两点间振动，弹簧振子在振动过程中，振子从 a 到 b 历时 2 s，振子经 a、b 两点时速度相同，若它从 b 再回到 a 的最短时间为 4 s，则该振子的振动周期为　（　　）



A.1 s　　B.8 s

C.2 s　　D.4 s

4.（多选）某质点做简谐运动，其位移随时间变化的关系式为 $x=A\sin\frac{\pi}{3}t$，则质点　（　　）

A.第0.75 s末与第2.25 s末的位移相同

B.第0.75 s末与第2.25 s末的速度相同

C.2.25 s末至3.75 s末的位移方向都相同

D.2.25 s末至3.75 s末的速度方向都相同

5.（多选）做简谐运动的物体，其位移随时间的变化规律为 $x=2\sin\left(50\pi t+\frac{\pi}{6}\right)$ cm，则下列说法正确的是　（　　）

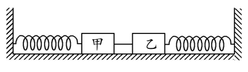
A.它的振幅为 4 cm

B.它的周期为 0.02 s

C.它的初相位是 $\frac{\pi}{6}$

D.它在 $\frac{1}{4}$ 周期内通过的路程可能是 $2\sqrt{2}$ cm

6.（多选）如图所示，两根完全相同的弹簧和一根张紧的细线将甲、乙两物块束缚在光滑水平面上，已知甲的质量大于乙的质量。当细线突然断开后，两物块都开始做简谐运动，在运动过程中　（　　）



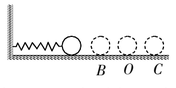
A.甲的振幅大于乙的振幅

B.甲的振幅等于乙的振幅

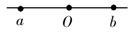
C.甲的最大速度小于乙的最大速度

D.甲的最大速度大于乙的最大速度

7.如图所示，弹簧振子以 O 点为平衡位置在 B、C 两点之间做简谐运动，B、C 相距 20 cm。某时刻振子处于 B 点，经过 0.5 s，振子首次到达 C 点，则振子的周期为 _____s，振子在 5 s 内通过的路程为 _____cm，振子在 $t=5$ s 时的位移大小为 _____cm，振子在 B 点的加速度大小跟它距 O 点 4 cm 处 P 点的加速度大小的比值为 _____。



8.如图所示，弹簧振子在 a、b 两点间振动，弹簧振子的周期为 T，弹簧振子在 O 点且速度方向水平向右开始计时，写出弹簧振子在 O 点对应的时刻 t_a，弹簧振子在 b 点对应的时刻 t_b 的数学表达式。

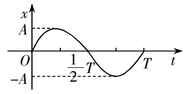


简谐运动的图像问题

一、简谐运动的图像

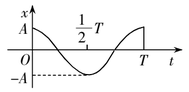
简谐运动的图像是一条正弦(或余弦)曲线,就是以纵坐标的数值表示质点对平衡位置的位移,以横坐标的数值表示各个时刻,这样在坐标系内,可以找到各个时刻对应质点位移坐标的点,即位移随时间分布的情况——振动图像,简谐运动图像直观地反映出简谐运动的位移随时间作周期性变化的规律。

1.从平衡位置开始计时,函数表达式为$x=A\sin\omega t$,此时的图像如下图所示。



甲

2.从最大位移处开始计时,函数表达式$x=A\cos\omega t$,此时的图像如下图所示。



乙

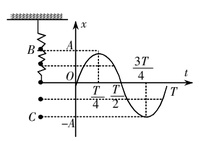
(1)坐标轴横坐标为时间轴,纵坐标为某时刻质点的位移。

(2)物理意义:表示振动质点的位移随时间变化的规律。注意振动图像不是质点的运动轨迹。

(3)形状:正弦或余弦图像。

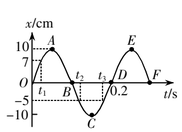
(4)特点:只有简谐运动的图像才是正弦(或余弦)曲线。

(5)作图:以横轴表示时间,纵轴表示位移,用平滑的曲线连接各时刻对应的位移末端即可,如图所示。(注意:单位和标度)



二、图像的应用

1.确定振动物体在任一时刻的位移。如图中,对应t_1、t_2时刻的位移分别为x_1=+7 cm,x_2=−5 cm。



2.确定振动的振幅。如图中最大位移的绝对值就是振幅,即其振幅是10 cm。

3.确定振动的周期和频率。振动图像上一个完整的正弦(余弦)图形在时间轴上拉开的"长度"表示周期。由图知,OD、AE、BF的间隔都等于振动周期,T=0.2 s,$f=\frac{1}{T}$=5 Hz。

4.确定各时刻质点的振动方向。如图中的t_1时刻,质点正远离平衡位置向位移的正方向运动;在t_3时刻,质点正向着平衡位置运动。

5.判断任意时刻振动物体的加速度大小和方向(回复力方向)。如图中的t_1时刻,质点位移x_1为正,则加速度a_1为负,t_2时刻,x_2为负,则加速度a_2为正,又因为$|x_1|>|x_2|$,所以$|a_1|>|a_2|$。

6.判断某段时间内振动物体的速度、加速度、动能及势能大小的变化。

三、温馨提示

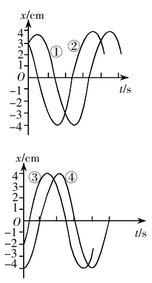
1.振动图像不是振动物体的运动轨迹。

2.计时起点一旦确定,图像形状将不变,仅随时间向后延伸。

四、金题赏析

例 一弹簧振子沿x轴振动,振幅为4 cm,振子的平衡位置位于x轴上的O点。图甲中的a、b、c、d为四个不同的振动状态:黑点表示振子的位置,黑点上的箭头表示运动方向。图乙中给出的①、②、③、④四条振动图线,可用于表示该振子的振动图像的是 ( )

甲



乙

A.若规定状态a时t=0,则图像为①

B.若规定状态b时t=0,则图像为②

C.若规定状态c时t=0,则图像为③

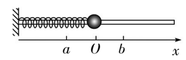
D.若规定状态d时t=0,则图像为④

解析 若规定状态a时t=0,由图知此时位移为3 cm,且向正方向运动,故选图像①,A正确。若规定状态b时t=0,此时位移为2 cm,且向负方向运动,无正确图像,故B错。同理可判断C错D对,故应选A、D。

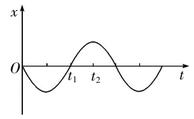
点评 本题考查弹簧振子的简谐运动,如何将振动图像与振动时振子的位置准确对应是本题的关键,把直观思维和抽象思维结合在一起是本题的一大特色。

跟踪训练

1.如图甲所示,水平的光滑杆上有一弹簧振子,振子以O点为平衡位置,在a、b两点之间做简谐运动,其振动图像如图乙所示。由振动图像可以得知 ( )



甲



乙

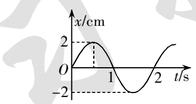
A.振子的振动周期等于t_1

B.在t=0时刻,振子的位置在a点

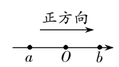
C.在$t=t_1$时刻,振子的速度为零

D.从t_1到t_2,振子正从O点向b点运动

2.如图甲所示为某简谐运动的图像,若t=0时,质点正经过O点向b运动(如图乙所示),则下列说法正确的是 ( )



甲



乙

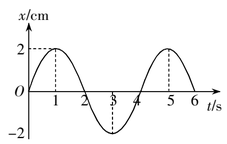
A.质点在0.7 s时,正在远离平衡位置运动

B.质点在1.5 s时的位移最大

C.1.2 s到1.4 s,质点的位移在减小

D.1.6 s到1.8 s,质点的位移在增大

3.(多选)一个质点做简谐运动的图像如图所示,下列结论正确的是 ( )



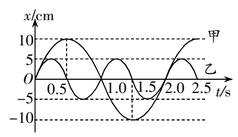
A.质点的振幅为4 cm

B.质点的振动频率为0.25 Hz

C.在10 s内质点通过的路程是20 cm

D.质点在1.5 s到4.5 s的过程中通过的路程为6 cm

4.(多选)甲、乙两个弹簧振子,其振动图像如图所示,则可知 ( )



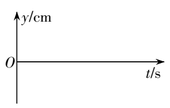
A.两弹簧振子完全相同

B.两弹簧振子所受回复力最大值之比$F_{甲}:F_{乙}$=2:1

C.振子甲速度为零时,振子乙速度最大

D.振子的振动频率之比$f_{甲}:f_{乙}$=1:2

5.有一弹簧振子在水平方向上的BC之间做简谐运动,已知BC间的距离为20 cm,振子在2 s内完成了10次全振动。若从某时刻振子经过平衡位置时开始计时(t=0),经过$\frac{1}{4}$周期振子有正向最大加速度。则振子的振幅为_____cm,该简谐运动的表达式为_____,在右图中做出该振子的位移—时间图像。

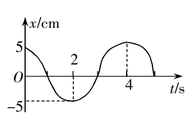


6.如图所示,是某质点做简谐运动的振动图像,根据图像中的信息,回答下列问题:

(1)质点离开平衡位置的最大距离有多大?

(2)在1.5 s和2.5 s两个时刻,质点向哪个方向运动?

(3)求质点在前3 s内的路程。



简谐运动的回复力和能量

简谐运动的回复力

1.特点:总是指向平衡位置。

2.效果:把物体拉回到平衡位置。

3.表达式:$F=-kx$。即回复力与物体的位移大小成正比,负号表明回复力与位移方向始终相反,k是一个常数,由振动系统决定。

4.简谐运动的动力学定义

如果质点所受的力与它偏离平衡位置位移的大小成正比,并且总是指向平衡位置,质点的运动就是简谐运动。

说明:回复力是根据力的效果命名的,正如定义中所述,它的作用总是要把物体拉回到平衡位置。因此它是一个效果力,这方面它就像匀速圆周运动中的向心力一样,它可以是一个力,还可以是某个力的分力。因为回复力是根据力的效果命名的,不是性质力,所以在对振动物体进行受力分析时,切忌添加回复力。

简谐运动的能量

1.弹簧振子的运动与能量关系

(1)速度与动能:速度在不断变化,动能也在不断变化。

(2)弹簧形变量与势能:弹簧形变量在不断变化,因而势能也在不断变化。

2.简谐运动的能量

一般指振动系统的机械能,振动的过程就是动能和势能互相转化的过程。

(1)在最大位移处,势能最大,动能为零。

(2)在平衡位置处,动能最大,势能最小。

3.对简谐运动的能量的综合认识

(1)决定因素:对于一个确定的振动系统,简谐运动的能量由振幅决定,振幅越大,系统的能量越大。

(2)能量获得:最初振动系统的能量是通过外力做功由其他形式的能转化成振动系统的机械能的。

(3)能量转化:当振动系统自由振动后,如果不考虑阻力作用,系统只发生动能与势能的相互转化,机械能守恒。

(4)理想化模型:简谐运动所受回复力不考虑摩擦阻力,简谐运动没有考虑因克服阻力做功带来的能量损耗。

简谐运动的三个特征

1.受力特征

简谐运动的回复力满足$F=-kx$,位移与回复力F的方向相反。由牛顿第二定律知$a=-\frac{k}{m}x$,加速度a与位移x的大小成正比,方向相反。由位移x的变化,找出回复力F,判断加速度a。

2.运动特征

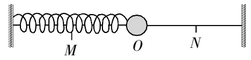
当速度v与加速度a同向(即v、F同向,也就是v、x反向)时,v一定增大;当速度v与加速度a反向(即v、F反向,也就是v、x同向)时,v一定减小。故从大小上看,当物体靠近平衡位置时,a、F、x都减小,v增大;当物体远离平衡位置时,a、F、x都增大,v减小。根据运动方向与加速度方向间关系求解v的变化。

3.能量特征

简谐运动的能量和振幅有关,振幅越大,能量越大。在运动过程中,动能和势能相互转化,机械能守恒;动能由振动物体的速度决定,势能由位移决定。当质点在平衡位置处时,速度最大,动能最大,势能最小;当质点在最大位移处时,速度为零,动能为零,势能最大;当质点向远离平衡位置方向运动时,速度减小,动能减小,势能增大;当质点向平衡位置方向运动时,速度增大,动能增大,势能减小。根据"三点两过程",按照"速度变化→动能变化→势能变化"进行分析。

跟踪训练

1.如图所示为一个水平方向的弹簧振子,小球在MN间做简谐运动,O是平衡位置。关于小球的运动情况,下列描述正确的是 ( )



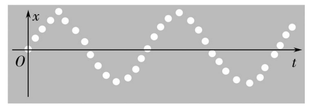
A.小球经过O点时速度为零

B.小球经过M点与N点时有相同的加速度

C.小球从M点向O点运动过程中,加速度增大,速度增大

D.小球从O点向N点运动过程中,加速度增大,速度减小

2.如图所示是用频闪照相的方法获得的弹簧振子的位移—时间图像,下列有关该图像的说法不正确的是 ( )



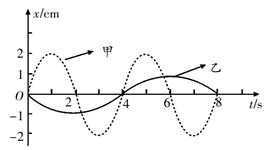
A.该图像的坐标原点是建立在弹簧振子小球的平衡位置

B.从图像可以看出小球在振动过程中是沿x轴方向移动的

C.为了显示小球在不同时刻偏离平衡位置的位移,让底片沿x轴方向匀速运动

D.图像中小球的疏密显示出相同时间内小球位置变化快慢不同

3.(多选)如图所示,虚线和实线分别为甲、乙两个弹簧振子做简谐运动的图像。已知甲、乙两个振子质量相等。则 ( )



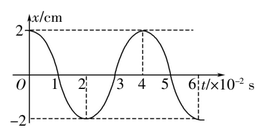
A.甲、乙两振子的振幅分别为2 cm、1 cm

B.甲、乙两个振子的相位差总为π

C.前2秒内甲、乙两振子的加速度均为正值

D.第2秒末甲的速度最大,乙的加速度最大

4.一质点做简谐运动的图像如图所示,则该质点 ( )



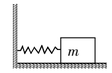
A.在0.015 s时,速度和加速度都为$-x$方向

B.在0.01 s至0.03 s内,速度与加速度先反方向后同方向,且速度是先减小后增大,加速度是先增大后减小

C.在第八个0.01 s内,速度与位移方向相同,且都在不断增大

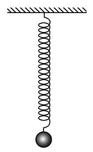
D.在每1 s内,回复力的瞬时功率有50次为零

5.弹簧的一端固定在墙上,另一端拴有一质量为m的木块,如图所示,将木块向右拉开一段位移L,然后放手,使木块在有摩擦的水平地面上做减幅振动。设弹簧第一次恢复原长时,木块的速度为v_0,则在振动过程中出现速率为v_0时的位置有 ( )



A.1个 B.2个 C.3个 D.4个

6.(多选)如图所示,弹簧下面挂一质量为m的物体,物体在竖直方向上做振幅为A的简谐运动,当物体振动到最高点时,弹簧正好为原长,弹簧在弹性限度内,则物体在振动过程中 ( )



A.弹簧的最大弹性势能等于$2mgA$

B.弹簧的弹性势能和物体动能总和不变

C.物体在最低点时的加速度大小应为$2g$

D.物体在最低点时的弹力大小应为$2mg$

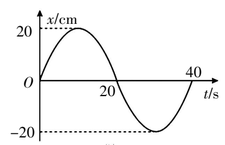
7.如图所示是某质点做简谐运动的振动图像。根据图像中的信息,回答下列问题。

(1)质点离开平衡位置的最大距离有多大?

(2)质点在10 s末和20 s末的位移是多少?

(3)质点在15 s和25 s时向什么方向运动?

(4)质点在前30 s内的运动路程是多少?

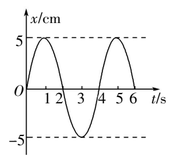


8.如图所示为一弹簧振子的振动图像,求:

(1)该振子简谐运动的表达式;

(2)在第2 s末到第3 s末这段时间内,弹簧振子的加速度、速度、动能和弹性势能各是怎样变化的?

(3)该振子在前100 s的总位移是多少?路程是多少?



单　摆

单摆的组成

细线一端固定在悬点，另一端拴一个小球，悬挂小球的细线的伸缩和质量可以忽略，线长又比球的直径大得多，这样的装置叫单摆。

(1)单摆是实际摆的理想化模型；

(2)质量全部集中在摆球上；

(3)摆长是从悬点到小球的球心；

(4)不考虑各种阻力。

单摆的受力特征

1.单摆受重力和细线的拉力。

2.回复力：摆球重力沿切线方向上的分力，$F_{回}=-mg\sin\theta=-\frac{mg}{l}x=-kx$，负号表示回复力$F$与位移$x$的方向相反。

3.向心力：细线的拉力和重力沿细线方向的分力的合力充当向心力，$F_{向}=F-mg\cos\theta$。

注意：

(1)当摆球在最高点时，$F_{向}=\frac{mv^2}{R}=0$，$F=mg\cos\theta$。

(2)当摆球在最低点时，$F_{向}=\frac{mv^2}{R}$，$F_{向}$最大，$F=mg+m\frac{v^2}{R}$。

单摆模型的建立

1.单摆振动的回复力是重力的切向分力，不能说成是重力和拉力的合力。在平衡位置振子所受回复力是零，但合力是向心力，指向悬点，不为零。

2.摆球以悬点为圆心做变速圆周运动，在运动过程中只要速度 $v\neq0$，沿半径方向都受向心力。

3.摆线以平衡位置为中心做往复运动，在运动过程中只要不在平衡位置，沿轨迹的切线方向都受回复力。

4.单摆的运动不一定是简谐运动，只有在摆角很小的情况下才能看作简谐运动，理论上一般摆角不超过 5°，但在实验中，摆角很小时，单摆运动的细节不易观察清楚，带来的测量误差反而会大，因此实验中一般认为摆角不超过 10°，甚至认为不超过 15°。

单摆周期公式

1.公式：$T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$。

2.单摆的等时性：单摆的周期与振幅无关的性质。

3.对单摆周期公式的理解

(1)摆长 l：在单摆模型中，由于球的直径与摆线长相比可以忽略，故摆长等于摆线长。在实际问题中，如探究单摆周期与摆长的关系实验、用单摆测定重力加速度实验，摆球不可能是质点，摆长应是从悬点到摆球重心的长度，因此在这两个实验中，摆长都等于摆线长加上摆球半径。

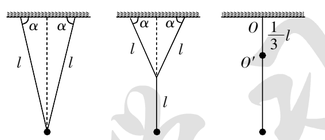
(2)重力加速度 g：若单摆系统处在重力场中且处于静止状态，g 由单摆所处的空间位置决定，即 $g=\frac{GM}{R^2}$，式中 R 为物体与地心的距离，M 为地球的质量，g 随所在地表的位置和高度的变化而变化。另外，在不同星球上 M 和 R 一般不同，g 也不同，$g=9.8\ m/s^2$ 只是地球赤道表面附近的取值。

单摆的两类等效问题

单摆的周期公式 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$，从公式中可以看出，单摆周期与振幅和摆球质量无关，只跟摆长与当地重力加速度有关，其中摆长是指摆动圆弧的圆心到摆球重心的距离。只要摆长 l 和重力加速度 g 一定了，周期也就定了。在有些振动系统中 l 不一定是绳长，g 也不一定为 $9.8\ m/s^2$，因此出现了等效摆长和等效重力加速度的问题。

1.等效摆长

摆长 l 是指摆动圆弧的圆心到摆球重心的距离，而不一定为摆线的长。如下图中各摆球可视为质点，各段绳长均为 l，图(a)、(b)中摆球做垂直纸面的小角度摆动，(c) 图中摆球在纸面内做小角度摆动，O'为垂直纸面的钉，而且 $OO'=\frac{l}{3}$，求各摆的周期。



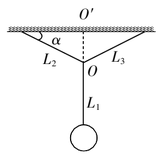
(a)　　(b)　　(c)

(1)(a)图中等效摆长 $L=l\cdot\sin\alpha$，$T_a=2\pi\sqrt{\frac{l\sin\alpha}{g}}$；

(2)(b)图中等效摆长 $L=l\cdot\sin\alpha+l$，$T_b=2\pi\sqrt{\frac{l(1+\sin\alpha)}{g}}$；

(3)(c)图中，摆线摆到竖直位置时，摆球做圆周运动的圆心就由 O 变为 O'，摆球振动时，半个周期摆长为 l，另半个周期摆长为$(l-\frac{l}{3})=\frac{2}{3}l$，则摆球 c 的周期为 $T_c=\pi\sqrt{\frac{l}{g}}+\pi\sqrt{\frac{\frac{2l}{3}}{g}}$。

例 1　如图所示，三根等长的绳 L_1、L_2、L_3 共同系住一密度均匀的小球 m，球直径为 d。L_2、L_3 与天花板的夹角 $\alpha<30°$。



(1)若摆球在纸面内做小角度的左右摆动，则此小球的摆动周期 T 是多大？

(2) 若摆球做垂直纸面的小角度的摆动，则此小球的摆动周期 T'是多大？

解析　(1)若摆球在纸面内做小角度的左右摆动，则摆动圆心是 O 点，故等效摆长为

$l=L_1+\frac{d}{2}$

根据单摆周期公式 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$

求出 $T=2\pi\sqrt{\frac{L_1+\frac{d}{2}}{g}}$

(2)若摆球做垂直纸面的小角度摆动，则摆动圆心是 O'点，故等效摆长为 $l'=L_1+L_2\sin\alpha+\frac{d}{2}$

根据单摆周期公式有

$$T=2\pi\sqrt{\frac{L_1+L_2\sin\alpha+\frac{d}{2}}{g}}$$

2.等效重力加速度

(1) 公式中 g 由单摆所在的空间位置决定。由 $\frac{GM}{R^2}=g$ 知，g 随地球表面不同位置、不同高度而变化，在不同星球上 M 和 R 一般不同，g 也不相同，因此应求出单摆所在处的等效值 g'代入公式，即 g 不一定等于 $9.8\ m/s^2$。

(2)g 还由单摆系统的运动状态决定，如单摆处于超重或失重状态，等效重力加速度 $g'=g\pm a$。如轨道上的卫星 $a=g$，单摆处于完全失重状态，等效重力加速度 $g'=0$；如单摆处在向上加速发射的航天飞机内，设加速度为 a，此时摆球处于超重状态，则等效重力加速度 $g'=g+a$。

例 2　两个等长的单摆，一个放在地面，另一个放在高空，当第一个摆振动 n 次的同时，第二个摆振动 $n-1$ 次，如果地球半径为 R，那么第二个摆距离地面的高度为多少？

解析　设第二个摆距离地面的高度为 h，则距离地心距离为 $R+h$，设此处的重力加速度为 g'，地表处的重力加速度为 g。

由万有引力定律有

$mg=G\frac{Mm}{R^2}$，$mg'=G\frac{Mm}{(R+h)^2}$

则$\frac{g}{g'}=\frac{(R+h)^2}{R^2}$

再由单摆周期公式

$T=\frac{t}{n}=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$，$T'=\frac{t}{n-1}=2\pi\sqrt{\frac{l}{g'}}$

所以$\frac{(R+h)^2}{R^2}=\frac{n^2}{(n-1)^2}$

解得 $h=\frac{R}{n-1}$

跟踪训练

1.关于单摆，下列说法中正确的是　(　　)

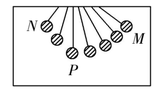
A.摆球运动的回复力是摆线张力和重力的合力

B. 摆球在运动过程中经过轨迹上的同一点，加速度是不变的

C.摆球经过平衡位置时，所受的合力为零

D.摆角很小时，摆球受的合力的大小跟摆球相对平衡位置的位移大小成正比

2.有一摆长为 L 的单摆，悬点正下方某处有一小钉，当摆球经过平衡位置向左摆动时，摆线的上部将被小钉挡住。使摆长发生变化。现使摆球做小幅度摆动，摆球从右边最高点 M 至左边最高点 N 运动过程的闪光照片，如图所示(悬点和小钉未被摄入)。P 为摆动中的最低点，已知每相邻两次闪光的时间间隔相等，由此可知，小钉与悬点的距离为　(　　)



A.$\frac{L}{4}$　　B.$\frac{L}{2}$

C.$\frac{3L}{4}$　　D.无法确定

3.单摆振动的回复力是　(　　)

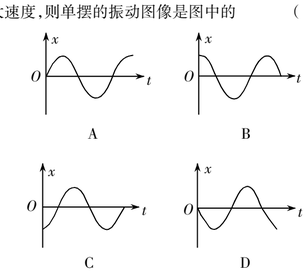
A.摆球所受的重力

B.悬线对摆球的拉力

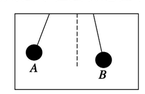
C.摆球所受重力和悬线对摆球拉力的合力

D.摆球重力在垂直悬线方向上的分力

4.摆长为 L 的单摆做简谐振动，若从某时刻开始计时，当振动至 $t=\frac{3\pi}{2}\sqrt{\frac{L}{g}}$ 时，摆球具有负向最大速度，则单摆的振动图像是图中的　(　　)



5.(多选)如图所示，A、B 分别为单摆做简谐振动时摆球的不同位置，其中位置 A 为摆球摆动的最高位置，虚线为过悬点的竖直线。以摆球最低位置为重力势能零点，则摆球在摆动过程中　(　　)



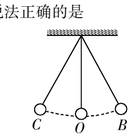
A.位于 B 处时动能最大

B.位于 A 处时势能最大

C.在位置 A 的势能大于在位置 B 的动能

D.在位置 B 的机械能大于在位置 A 的机械能

6.(多选)如图所示，是一个单摆($\theta<5°$)，其周期为 T，则下列说法正确的是　(　　)



A.把摆球的质量增加一倍，其周期变小

B.摆角 θ 变小时，周期也变小

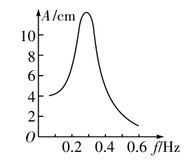
C.此摆由 $O\to B$ 运动的时间为$\frac{T}{4}$

D.摆球在由 $B\to O$ 运动时，势能向动能转化

7.如图所示是探究单摆共振条件时得到的图像，它表示振幅跟驱动力频率之间的关系，请完成：

(1)这个单摆的摆长是多少？

(2)如果摆长变长一些，画出来的图像的峰值将向哪个方向移动？

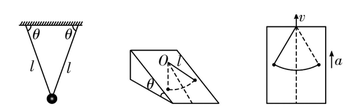


8.试确定下列几个摆球在平衡位置附近来回振动的周期。

(1)如图甲所示，悬挂在水平横梁上的双线摆球，摆线长为 l，摆线与水平横梁夹角为 θ；

(2)如图乙所示，光滑斜面上的摆球，斜面倾角为 θ，摆线长为 l；

(3)如图丙所示，悬挂在升降机中的单摆，摆长为 l，升降机以加速度 a 竖直向上做匀加速运动。



甲　　乙　　丙

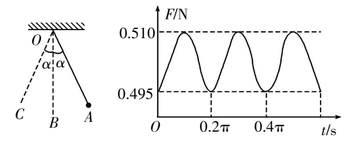
9.如图所示，两个完全相同的弹性小球 A 和 B 分别挂在 l 和$\frac{l}{4}$的细线上，重心在同一水平面且小球恰好相互接触，把小球 A 向右拉开一个不大的距离后由静止释放，经过多长时间两球发生第 12 次碰撞(两球碰撞时交换速度)？

10.将一测力传感器连接到计算机上就可以测量快速变化的力。图甲中 O 点为单摆的固定悬点，现将小摆球(可视为质点)拉至 A 点，此时细线处于张紧状态，释放摆球，则摆球将在竖直平面内的 A、B、C 点之间来回摆动，其中 B 点为运动中的最低位置，$\angle AOB=\angle COB=\alpha$，$\alpha$ 小于 5°且是未知量。图乙表示由计算机得到的细线对摆球的拉力大小 F 随时间 t 变化的曲线，且图中 $t=0$ 时刻为摆球从 A 点开始运动的时刻。试根据力学规律和题中(包括图中)所给的信息求：(g 取 $10\ m/s^2$)

(1)单摆的振动周期和摆长；

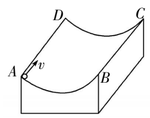
(2)摆球的质量；

(3)摆球在运动过程中的最大速度。



甲　　乙

11.如图所示，小球 m 自 A 点以向 AD 方向的初速度 v 开始运动，已知 $\overline{AB}=0.9\ m$，AB 圆弧的半径 $R=10\ m$，$AD=10\ m$，A、B、C、D 在同一水平面内。重力加速度 g 取 $10\ m/s^2$，欲使小球恰能通过 C 点，其初速度 v 应为多少？



实验:用单摆测重力加速度

1.实验目的

学会用单摆测定当地重力加速度,正确熟练地使用秒表。

2.实验原理

根据单摆周期公式 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$,得 $g=\frac{4\pi^2 l}{T^2}$。据此,只要测得摆长和周期即可算出当地的重力加速度 g。

3.实验条件

线要细且不易伸长,球要用密度大且直径小的金属球,以减小空气阻力影响。

4.主要测量量

(1)摆长:用米尺测出悬点到球心间的距离;或用游标卡尺测出摆球直径 $2r$,再用米尺测出从悬点至小球上端的悬线长 l',则摆长 $l=l'+r$。

(2)周期:用秒表测量单摆完成 n 次全振动所用的时间 t,求出完成一次全振动所用的平均时间,这就是单摆的周期,算出周期 $T=\frac{t}{n}$。

5.注意事项

(1)注意摆动时控制摆线偏离竖直方向不超过 10°。

(2)释放摆球时,不能有横向作用,以免形成锥摆。

(3)计算单摆的振动次数时,应以摆球通过最低位置时开始计时。

6.实验数据处理方法

(1)求平均值法

在本实验中要改变摆长,并进行多次测量,以求重力加速度的平均值,如下表。

次数	1	2	3	4	平均值
l					
T					
g					

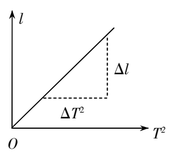
(2)图像法

①图像法之一:T^2-l 图像

根据 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 得:$T^2=\frac{4\pi^2}{g}l$,作出 T^2-l 图像,求出斜率 k,则 $g=\frac{4\pi^2}{k}$。

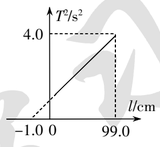
②图像法之二:l-T^2 图像

由单摆周期公式可以推出:$l=\frac{g}{4\pi^2}T^2$,作 l-T^2 图像,图像应是一条通过原点的直线,求出图线的斜率 k,即可求得 g 值,如图所示。$g=4\pi^2k$,$k=\frac{l}{T^2}=\frac{\Delta l}{\Delta T^2}$。



实例分析

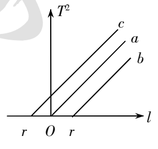
例题 在利用单摆测定重力加速度的实验中,某同学测出了多组摆长和运动周期,根据实验数据,作出了 T^2-l 的图像如图所示。



(1)该同学在实验中出现的错误可能是 _____。

(2)虽然在实验中出现了错误,但根据图像中的数据,仍可算出准确的重力加速度,其值为 _____。

解析 (1)根据周期公式 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 得:$T^2=\frac{4\pi^2}{g}l$,从公式中可以看出 T^2 与 l 成正比,如图中的 a 图线;如果漏加小球半径则公式应为:$T^2=\frac{4\pi^2}{g}(l+r)$,如图中的 c 图线;如果多加小球半径则公式应为:$T^2=\frac{4\pi^2}{g}(l-r)$,如图中的 b 图线。通过以上分析可以看出该同学在实验中出现的错误可能是漏加了小球半径。



(2)由上述分析可以看出,无论是漏加小球半径还是多加小球半径,在 T^2-l 图像中图线的斜率是不变的。由图甲可以看出 $k=4.0\ \mathrm{s^2/m}$,所以重力加速度 $g=\frac{4\pi^2}{k}=9.87\ \mathrm{m/s^2}$。

跟踪训练

1.在"用单摆测重力加速度"的实验中:

(1)某同学的操作步骤为:

a.取一根细线,下端系住直径为 d 的金属小球,上端固定在铁架台上;

b.用米尺量得细线长度 l;

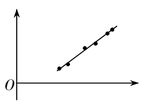
c.在摆线偏离竖直方向 10°位置释放小球;

d.用秒表记录小球完成 n 次全振动的总时间 t,得到周期 $T=\frac{t}{n}$;

e.用公式 $g=\frac{4\pi^2 l}{T^2}$ 计算重力加速度。

按上述方法得出的重力加速度值与实际值相比 _____(选填"偏大"、"相同"或"偏小")。

(2)已知单摆在任意摆角 θ 时的周期公式可近似为 $T'=T_0[1+a\sin^2(\frac{\theta}{2})]$,式中 T_0 为摆角趋近于 0°时的周期,a 为常数。为了用图像法验证该关系式,需要测量的物理量有 _____;若某同学在实验中得到了如图所示的图线,则图像中的横轴表示 _____。



2.(1)在"用单摆测定当地的重力加速度"的实验中,除带横杆的铁架台、铁夹、秒表、游标卡尺、刻度尺之外,还必须选用的器材,正确的一组是 _____。

A.约 1 m 的不可伸长的细线,半径约 1 cm 的小铁球

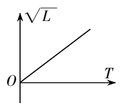
B.约 0.1 m 的不可伸长的细线,半径约 1 cm 的小铁球

C.约 0.1 m 的不可伸长的细线,半径约 1 cm 的小塑料球

D.约 1 m 的不可伸长的细线,半径约 1 cm 的小塑料球

(2)测量小球直径时游标卡尺的读数为 _____cm。

(3)某同学在处理数据的步骤中,以 $\sqrt{L}$ 为纵坐标,以周期 T 为横坐标,作出如图所示的图像,已知该图线的斜率为 $k=0.500$,则重力加速度为 _____$\mathrm{m/s^2}$。(结果保留三位有效数字,$\pi=3.14$)



3.某同学利用单摆测量重力加速度:

(1)为了使测量误差尽量小,下列说法正确的是 _____。

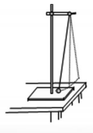
A.组装单摆须选用密度和直径都较小的摆球

B.组装单摆须选用轻且不易伸长的细线

C.实验时须使摆球在同一竖直面内摆动

D.摆长一定的情况下,摆的振幅尽量大

(2)如图所示,在物理支架的竖直立柱上固定有摆长约 1 m 的单摆。实验时,由于仅有量程为 20 cm、精度为 1 mm 的钢板刻度尺。于是他先使摆球自然下垂,在竖直立柱上与摆球最下端处于同一水平面的位置做一标记点,测出单摆的周期 T_1;然后保持悬点位置不变,设法将摆长缩短



外力作用下的振动

固有振动和固有频率

1.固有振动

如果振动系统不受外力的作用,此时的振动叫做固有振动。

2.固有频率

做固有振动时的频率。

阻尼振动

1.阻尼振动

指振幅逐渐减小的振动。振动系统受到的阻尼越大,振幅减小得越快。

2.阻尼振动与简谐运动的比较

(1)产生条件:阻尼振动受到阻力作用,简谐运动不受阻力作用。

(2)振幅:阻尼振动如果没有能量补充,物体的振幅会越来越小;简谐运动的振幅不变。

(3)振动能量:阻尼振动在振动过程中有能量损失,简谐运动的能量保持不变。

受迫振动

1.持续振动的获得

实际的振动由于阻尼作用最终要停下来,要维持系统的持续振动,最简单的办法是使周期性的外力作用于振动系统,外力对系统做功,补偿系统的能量损耗。

2.驱动力

作用于振动系统的周期性的外力。

3.受迫振动

振动系统在驱动力作用下的振动。

4.受迫振动的频率

做受迫振动的物体振动稳定后,其振动频率等于驱动力的频率,与物体的固有频率无关。

5.受迫振动的振幅

做受迫振动物体的固有频率对其所做的受迫振动的振幅有影响,驱动力频率越接近物体的固有频率,其振幅越大;驱动力频率越远离物体的固有频率,其振幅越小。

共振

1.条件:驱动力频率等于物体的固有频率。

2.特征:在无阻尼受迫振动中,共振时受迫振动的振幅最大。

对比三类振动

比较项目 \ 振动类型	自由振动	受迫振动	共振
受力情况	仅受回复力	周期性驱动力作用	周期性驱动力作用
振动周期或频率	由系统本身性质决定,即固有周期或固有频率	由驱动力的周期或频率决定,即 $T=T_{驱}$ 或 $f=f_{驱}$	$T_{驱}=T_{固}$ 或 $f_{驱}=f_{固}$
振动能量	振动物体的机械能不变	由产生驱动力的物体提供,机械能不守恒	振动物体所获得的能量最大
常见例子	弹簧振子或单摆(摆角 $\theta<5°$)	机械工作时底座发生的振动	共振筛、转速计等

跟踪训练

1.下列说法正确的是 ( )

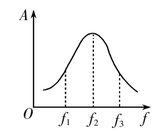
A.物体做阻尼振动时,随着振幅的减小,频率不断减小

B.受迫振动的频率由驱动力和振动系统共同决定

C.用重锤敲击一下悬吊着的钟后,钟的摆动是受迫振动

D.打点计时器接通电源后,振针的振动是受迫振动

2.一个弹簧振子做受迫运动,它的振幅 A 与驱动力频率 f 之间的关系如图所示,下列说法错误的是 ( )



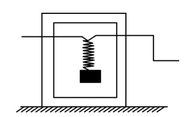
A.驱动力频率为 f_2 时,振子处于共振状态

B.驱动力频率为 f_3 时,受迫振动的振幅比共振小,但振子振动的频率仍为 f_2

C.振子如果做自由振动,它的频率是 f_2

D.振子可以做频率为 f_1 的等幅振动

3.(多选)如图所示,曲轴上挂一个弹簧振子,转动摇把,曲轴可带动弹簧振子上下振动。开始时不转动摇把,让振子自由振动,测得其频率为 2 Hz。现匀速转动摇把,转速为 240 r/min。则 ( )



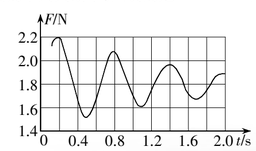
A.当振子稳定振动时,它的振动周期是 0.5 s

B.当振子稳定振动时,它的振动频率是 4 Hz

C.当转速增大时,弹簧振子的振幅增大

D.当转速减小时,弹簧振子的振幅增大

4.(多选)将一个电动传感器接到计算机上,就可以测量快速变化的力,用这种方法测得的某单摆摆动时悬线上拉力的大小随时间变化的曲线如图所示。某同学由此图像提供的信息作出的下列判断中,正确的是 ( )



A.$t=0.2$ s 时摆球正经过最低点

B.$t=1.1$ s 时摆球正经过最低点

C.摆球摆动过程中机械能减小

D.摆球摆动的周期是 $T=1.4$ s

5.下列关于阻尼振动和受迫振动的说法中不正确的是 ( )

A.实际的自由振动必然是阻尼振动

B.在外力作用下的振动是受迫振动

C.阻尼振动的振幅越来越小

D.受迫振动稳定后频率与自身物理条件无关

6.下表记录了某受迫振动的振幅随驱动力频率变化的关系,若该振动系统的固有频率为 $f_{固}$,则 ( )

驱动力频率/Hz	30	40	50	60	70	80
受迫振动的振幅/cm	10.2	16.8	27.12	28.1	16.5	8.3

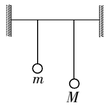
A.50 Hz<$f_{固}$<70 Hz

B.60 Hz<$f_{固}$<70 Hz

C.$f_{固}$=60 Hz

D.以上说法都不对

7.(多选)如图所示,两个质量分别为 M 和 m 的小球,悬挂在同一根细线上,当 M 在垂直于纸面的平面内摆动时,下列说法正确的是 ( )



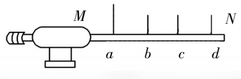
A.M 摆的振动周期略大一点

B.当两摆的摆长相等时,m 摆的振幅最大

C.悬挂 M 的竖直细线长度变化时,m 的振幅不变

D.m 摆的振幅可能超过 M 摆的振幅

8.如图所示是用来测量各种电动机转速计的原理图。在同一铁支架 MN 上焊有固有频率依次为 80 Hz、60 Hz、40 Hz、20 Hz 的四个钢片 a、b、c、d。将 M 端与正在转动的电动机接触,发现 b 钢片振幅最大,电动机的转速为 _____ r/s,四个钢片 a、b、c、d 的振动频率分别为 _____ Hz、_____ Hz、_____ Hz、_____ Hz。



机械振动　综合测试题

一、单选题(共 8 小题)

1.下列关于简谐运动的说法正确的是　(　　)

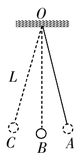
A.物体在一个周期内通过的路程一定等于四个振幅

B. 物体在四分之一周期内通过的路程一定等于一个振幅

C. 物体在四分之一周期内通过的路程一定小于一个振幅

D.物体在四分之一周期内通过的路程一定大于一个振幅

2.图中 O 点为单摆的固定悬点,现将摆球(可视为质点)拉至 A 点,此时细线处于张紧状态,释放摆球,摆球将在竖直平面内的 A、C 之间来回摆动,B 点为运动中的最低位置,则在摆动过程中　(　　)



A.摆球在 A 点和 C 点处,速度为零,合力也为零

B.摆球在 A 点和 C 点处,速度为零,回复力也为零

C.摆球在 B 点处,速度最大,回复力也最大

D.摆球在 B 点处,速度最大,细线拉力也最大

3.在飞机的发展史中有一个阶段,飞机上天后不久,飞机的机翼(翅膀)很快就抖动起来,而且越抖越厉害。后来人们经过了艰苦的探索,利用在飞机机翼前缘处装置一个配重杆的方法,解决了这一问题。在飞机机翼前装置配重杆的目的主要是　(　　)

A.加大飞机的惯性

B.使机体更加平衡

C.使机翼更加牢固

D.改变机翼的固有频率

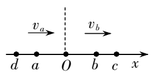
4.如图所示,弹簧振子在振动过程中,振子从 a 到 b 历时 0.2 s,振子经 a、b 两点时速度相同,若它从 b 再回到 a 的最短时间为 0.4 s,则该振子的振动频率为　(　　)

A.1 Hz

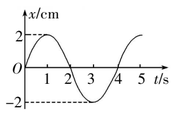
B.1.25 Hz

C.2 Hz

D.2.5 Hz



5.如图所示为某弹簧振子在 0~5 s 内的振动图像,由图可知,下列说法中正确的是　(　　)



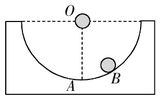
A.振动周期为 5 s,振幅为 2 cm

B.第 2 s 末振子的速度为零,加速度为负向的最大值

C.第 3 s 末振子的速度为正向的最大值

D.从第 1 s 末到第 2 s 末振子在做加速运动

6.一个半圆形光滑轨道如图所示,半径是 R,圆心是 O, 如果拿两个小球分别放在 O 点和 B 点,A 点在 O 点的正下方(B 点离 A 点很近),同时从静止释放,则　(　　)



A.放在 O 点的小球先到达 A 点

B.放在 B 点的小球先到达 A 点

C.两小球同时到达 A 点

D.无法确定哪一个小球先到达 A 点

7.把在北京调准的摆钟,由北京移到赤道上时,摆钟的振动　(　　)

A.变慢了,要使它恢复准确,应增加摆长

B.变慢了,要使它恢复准确,应缩短摆长

C.变快了,要使它恢复准确,应增加摆长

D.变快了,要使它恢复准确,应缩短摆长

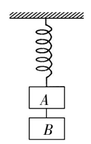
8.如图所示,物体 A 和 B 用轻绳相连挂在轻弹簧下静止不动,A 的质量为 m,B 的质量为 M, 弹簧的劲度系数为 k, 当连接 A、B 的绳突然剪断后,物体 A 将在竖直方向上做简谐运动,则 A 振动的振幅为　(　　)

A.$\frac{Mg}{k}$

B.$\frac{mg}{k}$

C.$\frac{(M+m)g}{k}$

D.$\frac{(M+m)g}{2k}$



二、多选题(共 4 小题)

9.某质点做简谐运动,其位移随时间变化的关系式为 $x=A\sin\frac{\pi}{4}t$,则质点　(　　)

A.第 1 s 末与第 3 s 末的位移相同

B.第 1 s 末与第 3 s 末的速度相同

C.第 3 s 末至第 5 s 末的位移方向都相同

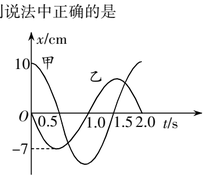
D.第 3 s 末至第 5 s 末的速度方向都相同

10.一弹簧振子振幅为 A,从最大位移处经过时间 t_0 第一次到达平衡位置,若振子从最大位移处经过 $\frac{t_0}{3}$ 时的加速度大小和动能分别为 a_1 和 E_1, 而振子位移为 $\frac{2A}{3}$ 时加速度大小和动能分别为 a_2 和 E_2,则　(　　)

A.$a_1>a_2$　　B.$a_1<a_2$

C.$E_1>E_2$　　D.$E_1<E_2$

11.如图所示为同一地点的两单摆甲、乙的振动图像,下列说法中正确的是　(　　)



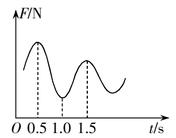
A.甲、乙两单摆的摆长相等

B.甲摆的振幅比乙摆大

C.甲摆的机械能比乙摆大

D.在 t=0.5 s 时有正向最大加速度的是乙摆

12.将测力传感器接到计算机上可以测量快速变化的力,将单摆挂在测力传感器的探头上,测力探头与计算机连接,用此方法测得的单摆摆动过程中摆线上拉力的大小随时间变化的曲线如图所示,取 g=10 m/s²。某同学由此图像提供的信息做出了下列判断,其中正确的是　(　　)



A.摆球的周期 T=0.5 s

B.单摆的摆长 L=1 m

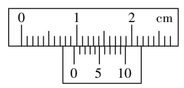
C.t=0.5 s 时摆球正经过最低点

D.摆球运动过程中周期越来越小

三、填空题(共 2 小题)

13.某实验小组在利用单摆测定当地重力加速度的实验中:

(1)用游标卡尺测定摆球的直径,测量结果如图所示,则该摆球的直径为 _____cm。



(2)小组成员在实验过程中有如下说法,其中正确的是 _____(填选项前的字母)。

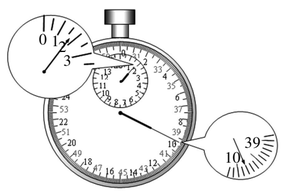
A.把单摆从平衡位置拉开 30°的摆角,并在释放摆球的同时开始计时

B.测量摆球通过最低点 100 次的时间 t,则单摆周期为 $\frac{t}{100}$

C.用悬线的长度加摆球的直径作为摆长,代入单摆周期公式计算得到的重力加速度值偏大

D.选择密度较小的摆球,测得的重力加速度值误差较小

14.某同学在做“用单摆测重力加速度”实验中,先测得摆线长为 97.50 cm,摆球直径为 2.00 cm,然后用停表记录了单摆振动 50 次所用的时间如图所示,则



(1)该摆摆长为 _____cm,停表表示读数为 _____s。

(2)如果测得的 g 值偏小,可能的原因是　(　　)

A.测摆线时摆线拉得过紧

B.摆线上端悬点未固定,振动中出现松动,使摆线长度增加了

C.开始计时时,停表过迟按下

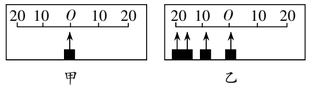
D.实验时误将 49 次全振动数为 50 次

(下转第 11 版)

(上接第 10 版)

四、计算题(共 5 小题)

15.如图所示为用频闪照相的方法拍到的一个水平放置的弹簧振子振动情况。甲图是振子静止在平衡位置的照片, 乙图是振子被拉伸到左侧距平衡位置 20 mm 处,放手后向右运动 $\frac{1}{4}$ 周期内的频闪照片。已知频闪的频率为 10 Hz。求:



(1)相邻两次闪光的时间间隔 t_0、振动的周期 T_0。

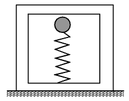
(2)若振子的质量为 20 g,弹簧的劲度系数为 50 N/m,则振子的最大加速度是多少?

16.光滑水平面上的弹簧振子,质量为 50 g,若在弹簧振子被拉到最大位移处时开始计时,在 t=0.2 s 时,振子第一次通过平衡位置,此时速度为 4 m/s。问:

(1)该弹簧振子做简谐振动时,其动能的变化频率为多大?

(2)在 t=1.2 s 末,弹簧的弹性势能为多大?

17.如图所示,轻弹簧的一端固定在质量为 m 的小球上,另一端固定在质量为 M 的箱子上,小球在竖直方向上做简谐运动,当小球运动到最高点时,箱子刚好脱离地面。求当小球运动到最低点时,地面对箱子的支持力。

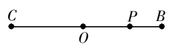


18.弹簧振子以 O 点为平衡位置,在 B、C 两点间做简谐运动,在 t=0 时刻,振子从 O、B 间的 P 点以速度 v 向 B 点运动;在 t=0.2 s 时,振子速度第一次变为 $-v$;在 t=0.5 s 时,振子速度第二次变为 $-v$。

(1)求弹簧振子振动周期 T;

(2)若 B、C 之间的距离为 25 cm,求振子在 4.0 s 内通过的路程;

(3)若 B、C 之间的距离为 25 cm,从平衡位置计时,写出弹簧振子位移表达式,并画出弹簧振子的振动图像。

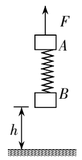


19.A、B 两个质量均为 m的物体用劲度系数为 k 的轻弹簧连接,如图所示。A、B 被外力 F 提在空中静止,B 离地面的高度为 h;放手后,A、B 下落,且 B 与地面碰撞后与地面粘在一起不反弹。B 与地面粘在一起后,A 做上下方向的往复运动。

(1)外力 F 为多大?

(2)A 从下落一直到它的速度达到最大的过程中,其重力势能的改变量是多少?

(3)证明 B 与地面粘在一起后,A 做上下方向的往复运动是简谐运动。



学习报