**第一讲 物体的运动**

运动学是物理的重点内容，学习物理离不开对各种各样的运动形式的研究。本讲将重点介绍匀速直线运动、相对运动和速度的分解等知识。

**第一节 匀速直线运动与图像问题**

**一、匀速直线运动的特点**

匀速直线运动是指物体沿着一条直线做速度的大小和方向都不改变的运动。匀速直线运动具有以下特点：

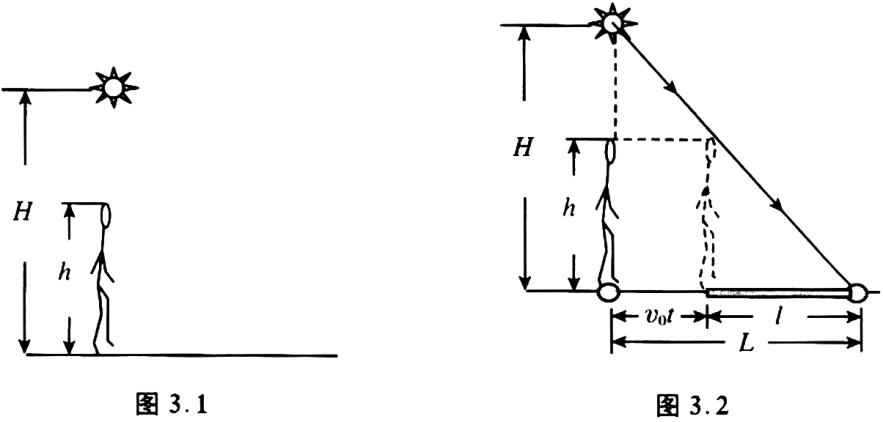
（1）速度恒为定值，可用公式计算，也可表示为路程与时间成正比：。

（2）只要我们证明了某种直线运动，其路程与时间成正比，就可以得出该运动为匀速直线运动的结论，且可以求得运动速度的大小。

**例1**  如图3.1所示，身高为的人由路灯正下方开始向右以速度匀速走动，路灯高为，问：

（1）人头部的影子做什么运动？速度是多少？

（2）人影子的长度增长速度是多少？



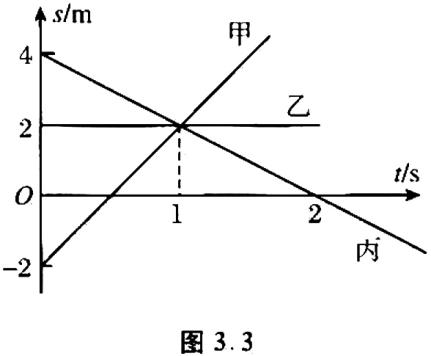
**分析与解** （1）人在路灯正下方时，人头部的影子恰处于人脚底，在人逐渐远离路灯的过程中，人影子的长度也越来越大。经时间，人前进的距离为，设此时人影子的长度为，人头部的影子移动的距离为，如图3.2所示。根据相似三角形知识，可得，即可见，头部影子运动的距离与时间成正比，做匀速直线运动，其速度，因为，可知，即头部的影子运动速度大于人行走的速度。

（2）同样结合相似三角形知识，可得，即，即人影子的长度随时间均匀变长，其长度的增长速度即为单位时间内长度的变化量，。

**二、匀速直线运动的图像**

（一）位置-时间图像（图像）

物体做匀速直线运动时，可以沿运动方向所在直线建立直线坐标系，从而利用图像描述出物体的运动情况。

如图3.3所示为甲、乙、丙三个物体在同一直线上的运动的位置—时间图像，对它们的运动分析如下：

甲物体：在时刻，从纵坐标为处向规定坐标系的正方向运动，图像为倾斜的直线，即每经过相同的时间，运动距离相等，甲做匀速直线运动，在到的时间内，甲物体从的位置运动到的位置，故。

乙物体：乙物体的位置始终为，不随时间而改变，因此乙物体静止，其图像为平行于时间轴的一条直线。

丙物体：在时刻，从纵坐标为处向规定坐标系的负方向运动，图像为倾斜的直线，即每经过相同的时间，运动距离相等，丙做匀速直线运动，在到的时间内，甲物体从的位置运动到的位置，故。

甲、乙、丙三个物体在时同时出现在的位置，我们说它们此时相遇。

现对匀速直线运动的图像总结如下：

（1）匀速直线运动的图像是倾斜的直线，直线倾斜程度越大，表示运动速度越大。

（2）图像中两条图线的交点代表在该时刻两物体相遇。

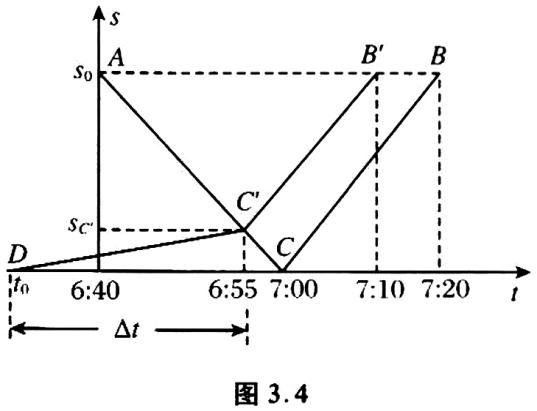
（3）静止物体的图像是平行于时间轴的直线，表示物体位置不改变。

注意：一定不要误以为图像就是物体运动的轨迹，图像只是用图像的形式给出了物体的位置与时间的函数关系。

利用图像解决问题有时很方便，请看下面的例题。

**例2** （上海第21届大同杯初赛）驾驶员每天准时从单位开车出来，于7：00到达教授家接教授去单位，7：20到达单位。某天，教授为了早点到单位，比平时提前离家步行去单位。走了一段时间后遇到来接他的汽车，上车后汽车掉头并于7：10到达单位。设教授和汽车速度不变，且速度之比为1：9，教授上车及汽车掉头时间不计，则当天教授高家时间为（ ）。

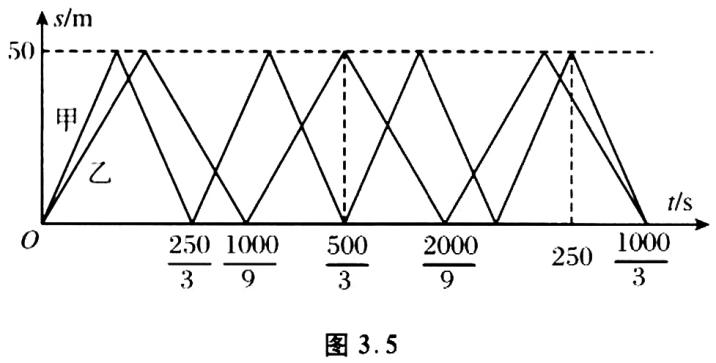
A．5：50 B．6：10 C．6：30 D．6：50

**分析与解** 设教授家到单位距离为，由题可知汽车从单位出发的时间为6：40，到达教授家时间为7：00，返回单位的时间为7：20。以6；40为时间起点，取教授家为坐标原点，建立坐标系如图3.4所示。则汽车从单位到教授家往返的图像如直线，所示。其中汽车的速度可以表示为。再设教授于时刻出发，并于家与单位之间的处与前来接他的汽车相遇，随后坐车前往单位。则图3.4中直线为教授步行的图像，直线为汽车载着教授返回单位的图像，由于汽车速度不变，因此与平行。结合与相似及图中几何关系，可知相遇点距离教授家为，且相遇的时间为6：55，因此教授步行的速度，又，可得，因此教授出发的时间在相遇时间6：55之前时，即教授于6：10从家里出发。本题正确选项为B。

**例3**（上海第27届大同杯初赛）甲、乙两人在长为的泳池内进行游泳训练。甲的游泳速度大小始终为，乙的游泳速度大小始终为。两人同时从泳池的同一端出发，共游了，不考虑两人在泳池内的转向时间，甲从身后追上乙的次数为（ ）。

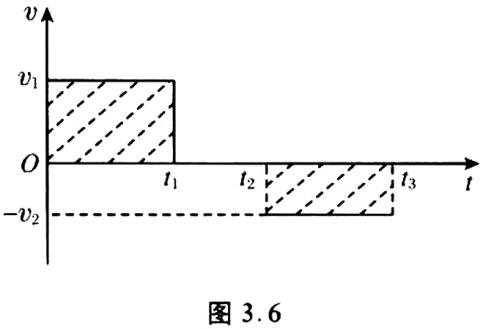
A．2次 B．4次 C．6次 D．8次

**分析与解** 由题可知，甲游完一个来回用时，即甲每经过约返回到出发点一次；乙游完一个来回用时，即乙每经过返回到出发点一次。我们以出发点为坐标原点，以甲、乙游泳的路线建立坐标系，设时甲、乙开始向泳池另一端游去，据此可以画出甲、乙运动的图像如图3.5所示。由图可知，甲、乙在时同时回到出发点，



在时间内，甲、乙出发后运动的图像共有7个交点，即甲、乙出发后共相遇7次，其中，前6次均为迎面相遇，只有时的第7次相遇是甲和乙同时回到出发点且甲从背后追上乙。因此每经过，甲就从背后追上乙一次。可知内共有4.5个，因此，甲从身后追上乙的次数为4次。本题正确选项为B。

（二）速度-时间图像（图像）

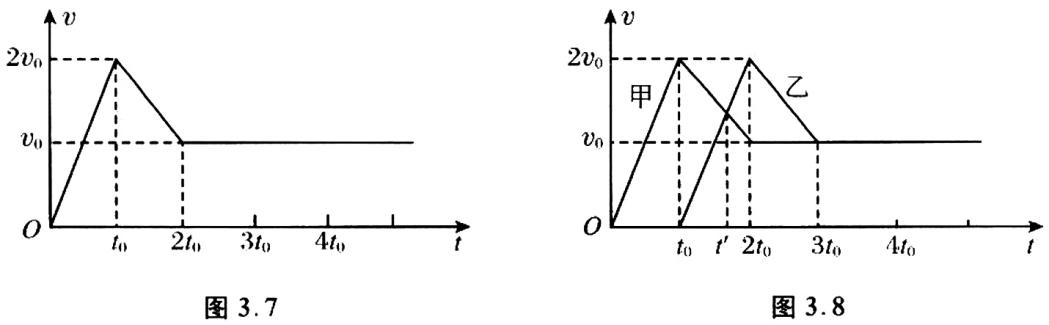
匀速直线运动是速度的大小和方向都不改变的运动，图像是平行于时间轴的直线，时间内的位移可由公式计算，因此图像与坐标轴所围成的面积表示运动的距离，时间轴上方的面积为沿规定的正方向运动的距离，时间轴下方的面积为沿规定的负方向运动的距离，运动路程等于上、下面积的绝对值之和。

如图3.6所示，在时间内物体向正方向运动的距离为；在时间内物体静止；在时间内物体向负方向运动的距离为。在时间内的总路程为。利用速度—时间图像，可以直观地表示物体的速度变化情况。

**例4**（上海第31届大同杯初赛）公共汽车站每隔时间开出一辆汽车，汽车始终沿直线运动，汽车的速度-时间图像如图3.7所示，则汽车出站后，与前方相邻汽车之间的距离（ ）。

A．先减小，后保持不变 B．先增大，后保持不变

C．先减小，后增大，最后保持不变 D．先增大，后减小，最后保持不变



**分析与解** 对于同一直线上同向行驶的前后两车而言，两车间距离的变化与两车速度大小有关：若前车速度大于后车，则两车距离逐渐增大；若两车速度相同，则距离不变；若前车速度小于后车，则两车距离逐渐减小。现设时甲车从车站开出，时乙车从车站开出，在同一坐标系中画出甲、乙两车的图像如图3.8所示，可知在时刻，两车图像相交，即时刻两车速度恰好相同。现依据图像对两车距离变化分析如下：

在时间内，甲车速度总大于乙车速度，两车距离逐渐增大；

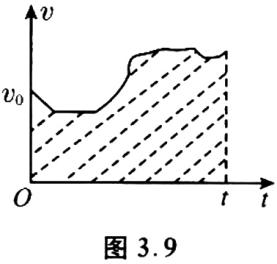
当时，两车速度相等，此刻甲、乙两车距离最大；

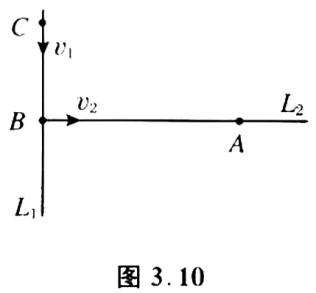
在时间内，甲车速度小于乙车，两车距离逐渐减小；

在以后，甲、乙两车速度再次相同，且不再变化，因此此后甲、乙两车距离不再变化。

综上所述，两车距离先增大，后减小，最后保持不变，选项D正确。

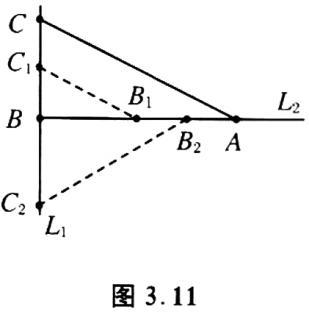
值得一提的是，当物体做变速直线运动时，其图像不再是平行于时间轴的直线，但速度图线与坐标轴所围成的面积的数值仍等于物体运动的距离。如图3.9所示，物体在时间内运动的距离为图像下方阴影部分的面积。

在物理竞赛的试题中，匀速直线运动的问题还有其他常见的题型，请看下面的例题。

**例5** （上海第29届大同杯初赛）如图3.10所示，，两条马路呈“丁”字形，点为路口，两条路上有，两点。甲、乙两人分别从，两点同时出发，并分别以速度，沿，两条路做匀速直线运动，某时刻甲、乙两人各自所处的位置和点所形成的三角形恰好与相似，则这样的时刻（ ）。

A．最少一个 B．最少两个

C．最多三个 D．最多四个

**分析与解** 如图3.11所示，设经过时间，甲、乙两人分别运动至，两点，则的长度为，的长度为，设，的长度分别为，，则的长度为。与相似存在着两种情况，即和，即有和，解得和。由时间的表达式可知，，因此上述两种情况一定存在。若经过时间甲物体运动至图3.11所示的点，乙物体运动至点，则长度为，长度为，与相似，仍存在着两种情况，即和，即有和，解得和。只有当这两个表达式的分母大于零时，时间才有实际意义，这两种情况的相似未必一定能达到。综上所述，题述两个三角形相似的时刻至少有两个，最多有四个，本题的正确选项为BD。

**练习题**

1．（上海第24届大同杯初赛）下列数据中最接近实际情况的是（ ）。

A．人正常步行的平均速度为

B．光在真空中的传播速度为

C．无线电波在空气中的传播速度约为

D．“神舟七号”飞船进入太空轨道时的速度约为

2．（上海第22届大同杯初赛）如图3.12所示为高速摄影机拍摄到的子弹穿过苹果瞬间的照片。该照片经过放大后分析出，在曝光时间内，子弹影像前后错开的距离约为子弹长度的1%~2%。已知子弹飞行速度约为，则这幅照片的曝光时间最接近（ ）。

A． B．

C． D．

3．（上海第30届大同杯初赛）身高为的小明沿直线匀速运动，路灯在行进线路的正上方，某时刻人影的长度为，前进后，影长变为，则路灯的高度可能为（ ）。

A． B． C． D．

4．（上海第28届大同杯初赛）某工厂每天早晨7：00都派小汽车按时接工程师上班。有一天，汽车在路上因故障原因导致7：10时车还未到达工程师家，于是工程师步行出了家门。走了一段时间后遇到前来接他的汽车，他上车后汽车立即掉头继续前进。进入工厂大门时，他发现比平时迟到。已知汽车的速度是工程师步行速度的6倍，则汽车在路上因故障耽误的时间为（ ）。

A． B． C． D．

5．某高校每天早上都派小汽车准时接教授上班，一次，刘教授为了早一点赶到学校，比平时提前出发步行去学校，走了后遇到了来接他的汽车，他上车后小汽车立即掉头前进。设教授步行速度大小为，小汽车速度大小为，教授上车以及汽车掉头时间不计，则（ ）。

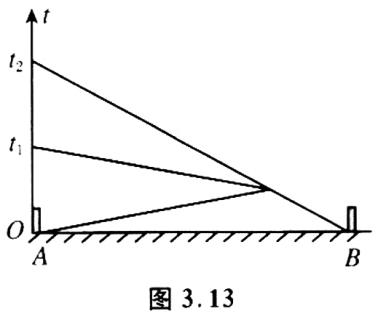


A．教授将提前到校，且

B．教授将提前到校，且

C．教授将提前到校，且

D．教授将提前到校，且

6．（上海第28届大同杯初赛），是一条平直公路上的两块路牌，已知小鸟和一辆小车分别由，两路牌相向运动，小鸟飞到小车正上方时立即以同样大小的速度折返飞回并停留在路牌处；再过一段时间，小车也行驶到。它们的位置-时间图像如图3.13所示，图中，则（ ）

A．小鸟与汽车速度大小之比为2：1

B．从出发到相遇这段时间，小鸟与汽车通过的路程之比为3：1

C．小鸟到达时，汽车到达的中点

D．小鸟与汽车各自的总路程之比为3：1

7．（上海第26届大同杯初赛）甲、乙两辆汽车分别于，车站之间沿直线匀速往返行驶，且汽车每到一车站立即掉头，不计车的掉头时间。某时刻，甲、乙两辆汽车恰好同时分别从，两车站出发，两车第一次到达同一地点时距离车站，第二次到达同一地点时距离车站，则，两车站的距离可能为（小数点后保留一位）（ ）。

A． B． C． D．

8．（上海第23届大同杯初赛）著名数学家苏步青年轻时有一次访问德国，当地一名数学家在电车上给他出了一道题：甲、乙两人相对而行，相距。甲每小时走，乙每小时走。甲带一条狗，狗每小时走，同甲一起出发，碰到乙后又往甲方向走，碰到甲后它又往乙方向走，这样持续下去，直到甲乙两人相遇时，这条狗一共走了（ ）。

A． B． C． D．

9．（上海第22届大同杯初赛）地球距离月球约，人类发射的月球探测器能够在自动导航系统的控制下在月球上行走，且每隔向地球发射一次信号。某时刻，地面控制中心数据显示探测器前方处存在障碍物，经过，控制中心数据显示探测器距离障碍物，再经过，控制中心得到探测器上刹车装置出现故障的信息。为避免探测器撞击障碍物，科学家决定对探测器进行人工刹车遥控操作，科学家输入命令需要。已知电磁波传播速度为，则探测器收到地面刹车指令时，探测器（ ）。

A．已经撞到障碍物 B．距离障碍物

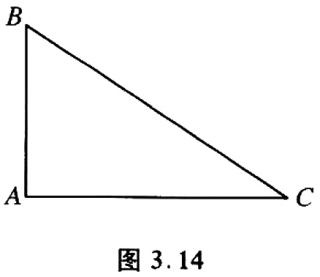
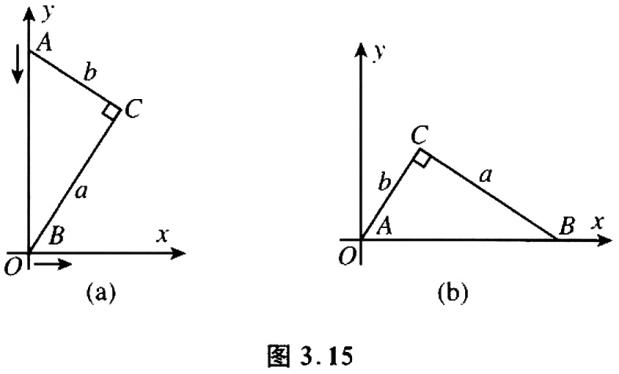
C．距离障碍物 D．距离障碍物

10．（上海第21届大同杯初赛）一辆汽车匀速行驶（车速大于）。车上有一台时钟，分针已经折断，一开始秒针示数为。汽车行驶了时，秒针示数为。汽车再行驶时，秒针示数为。那么当时汽车又行驶了时，秒针示数为（ ）。

A． B． C． D．

11．一辆汽车向悬崖匀速驶近时鸣喇叭，经后听到来自悬崖的回声；听到回声后再前进，第二次鸣喇叭，经又听到回声。已知声音在空气中的传播速度为，则汽车第一次鸣喇叭时与悬崖的距离为\_\_\_\_\_\_\_\_，汽车的速度\_\_\_\_\_\_\_\_。

12．如图3.14所示，甲、乙两人同时从地出发，其中，甲沿直线朝正北方向匀速运动，乙沿直线朝正东方向匀速运动。甲运动的速度是乙的2倍，经过3分钟，甲到达地后，立即改变运动方向并保持速度大小不变，马上沿直线向地运动，恰好在地与乙相遇。则乙从地运动到地的时间为\_\_\_\_\_\_\_\_。

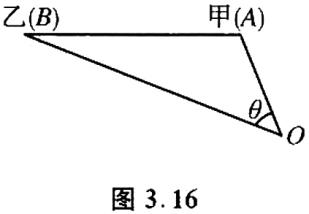
 

13．（上海第24届大同杯复赛）如图3.15（a）所示直角三角板的边长，，开始时边靠在轴上，与坐标原点重合。今使点沿轴负方向朝点移动，点沿轴正方向移动，可知三角板从图3.15（a）所示的初始位置到图3.15（b）所示终止位置的过程中，点的运动轨迹为（选填“单方向的直线”“往返的直线”“一段圆弧”或“非圆弧状的其他曲线”），点在此过程中通过的路程为\_\_\_\_\_\_\_\_。

14．（上海第24届大同杯复赛）甲同学从学校出发步行去附近的邮局寄信，前内行走的速度为，为了尽快到达邮局，以后的速度提高到。在甲同学出发后，乙同学也想去邮局，为了赶上甲同学，乙同学以的速度行走。问：

（1）乙同学经过多少时间能追上甲同学？

（2）若乙同学比甲同学晚出发，则经过多少时间乙同学能追上甲同学？

15．（上海第25届大同杯复赛）某处地面发生浅层地震。地震产生两种不同的地震波，一种是振动和地面平行的纵向波，一种是振动和地面垂直的横向波。如图3.16所示，甲地震台先接受到纵向波，然后接受到横向波，两者之间的时间间隔为；乙地震台也经历同样的情况，而时间间隔为，已知甲和乙之间的直线距离为，纵向地震波的速度为，横向地震波的速度为。利用以上数据，求：（1）震中和甲之间的距离；（2）震中和甲的连线与震中和乙的连线之间的夹角。

**参考答案**

1．C。人正常步行的速度约为，无线电波和光在真空中的传播速度都为，它们在空气中的传播速度约为，仅比在真空中的传播速度略小，“神舟七号”飞船进入太空轨道时的速度约为。

2．B。子弹长度约为，子弹影像前后错开的距离等于曝光时间内子弹前进的距离，根据题意可知影像前后错开的距离约为，因此曝光时间为，选项B正确。

3．AD。小明沿直线匀速运动时，可能离路灯越来越远，也可能先靠近路灯再远离路灯，因此本题应该分两种情况来考虑。

（1）如图3.17所示，小明离路灯越来越远。设小明初始时距离路灯为，路灯高为，则根据图示以及题给数据，结合相似三角形的知识，可得

，

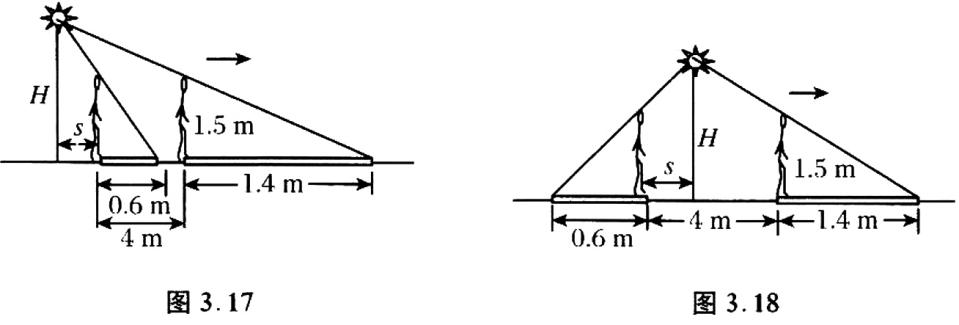
解得，。

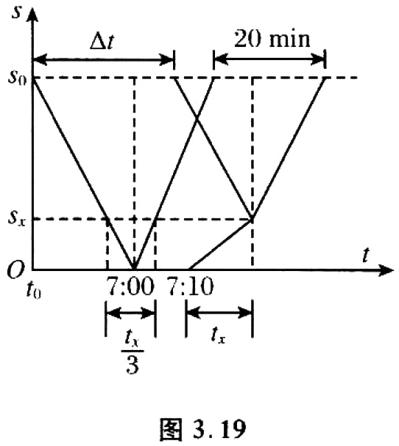
（2）如图3.18所示，小明先向右靠近路灯，经过路灯正下方后又向右远离路灯。同样设小明初始时距离路灯为，路灯高为，则有

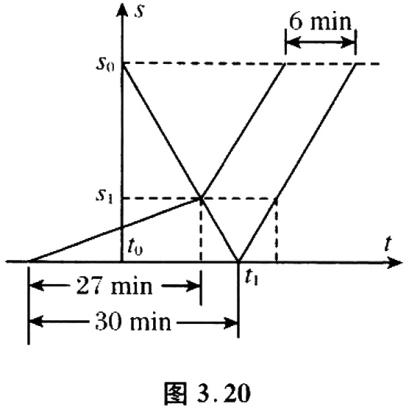
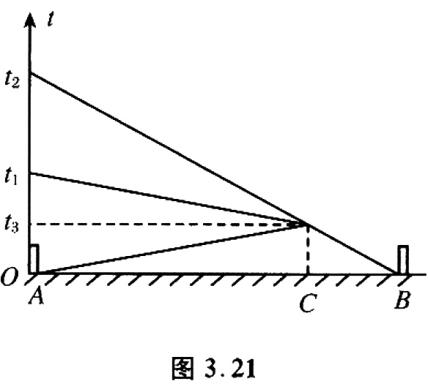
，

解得，。

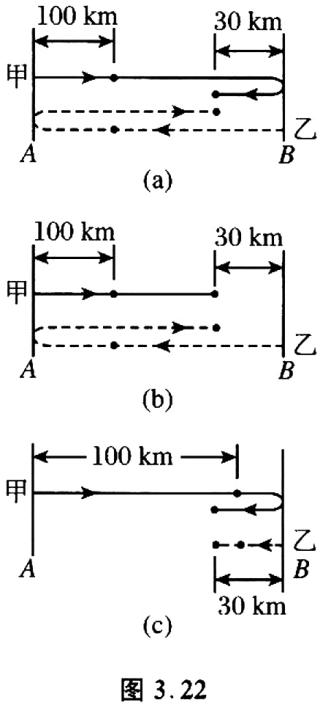
因此本题正确选项为AD。



4．C。设汽车正常情况下每天时刻从工厂出发去接工程师，于7：00到达工程师家，然后返回。以工程师家为原点，沿着家到工厂的方向建立坐标轴，则可画出汽车正常情况下的位置—时间图像如图3.19所示。汽车发生故障的时间可以等效为汽车推迟出发的时间，设为，即相当于某天汽车自时刻开始又经时间才出发去接工程师。画出汽车推迟出发的位置-时间图像以及工程师于7：10步行出发的位置—时间图像如图3.19所示。设工程师高家的距离为、用时后遇到来接他的汽车，由汽车速度是步行速度的6倍，可知汽车通过这一段的距离用时，往返距离用时。结合图中几何关系，可得，解得，因故障耽误的时间，本题正确选项为C。

5．D。设汽车正常情况下每天时刻从学校出发去接教授，于时刻到达教授家，然后返回。以教授家为坐标原点，沿着家到学校的方向建立坐标轴，则可画出汽车正常情况下的位置—时间图像如图3.20所示。另画出教授提前出发步行的位置—时间图像，教授步行后与汽车相遇，此时两图像相交。设相遇点到教授家的距离为，则由图可知教授步行速度，汽车速度，因此可得。同样结合图像的几何关系，可得教授比往常提前到达的时间为，选项D正确。

6．B。如图3.21所示，设小鸟与小车相遇于，之间的点，相遇时刻为。则小鸟由到和从返回到所用的时间相等，即，相遇后小鸟和小车自相遇点返回到的过程中路程相同，因此小鸟的速度，小车的速度，所以，从出发到相遇小鸟与小车通过的路程之比为，选项B正确。由图3.21可知小车经时间从到达，则经时间小车必经过的中点，选项C正确。整个过程中小鸟通过的路程为，小车通过的路程为，结合，得，选项D错误。本题正确选项为BC。

7．ABC。设，车站之间的距离为，甲、乙两次的速度分别为，，下面分三种情况讨论：

（1）第二次相遇是发生在甲、乙分别折返后，如图3.22（a）所示。第一次相遇时，由甲、乙运动时间相等，可得，第二次相遇亦有，联立解得。

（2）第二次相遇发生在乙折返后，甲还未折返，乙从后面追上甲，如图3.22（b）所示。则第一次相遇时有，第二次相遇时有，联立解得。

（3）第二次相遇发生在甲折返后，乙还未折返，甲从后面追上乙，如图3.22（c）所示。则第一次相遇时有，第二次相遇时有，联立解得。

综上所述，本题正确选项为ABC。

8．B。本题的重点在于确定狗运动的时间。显然，狗运动的时间与甲、乙相遇所用的时间相同，，则狗走的路程为。

选项B正确。

9．B。由题可知，电磁波从地球传播到月球需要的时间。月球探测器发射信号的时间间隔与地球上控制中心接受到信号的时间间隔相同。地球上控制中心显示的距离实际上是探测器发出信号时距离障碍物的距离。因此从探测器第一次发出信号到第二次发出信号间隔，前进了，探测器速度为。设探测器第一次发出信号的时刻为，则控制中心接收到这个信号的时刻为，探测器第二次发出信号的时刻为，控制中心接收到第二个信号的时刻为，科学家刹车命令输入完毕的时刻为，该命令传到月球被探测器接收到的时刻为。因此，从探测器第一次发出信号（此时距离障碍物）到探测器收到刹车命令，共经历了的时间，探测器在这段时间内前进了的距离，因此探测器接收到刹车命令时距离障碍物。本题正确选项为B。

10．A。设汽车每行驶用时，根据车速大于，则有，解得。设汽车行驶时，所用时间为分30秒，则再行驶后，共行驶了，前用时为分30秒，前共用时为分60秒，指针指在0处，剩下用时，因此。可求汽车的速度，汽车行驶所用的时间，则指针应指在0处，选项A正确。

11．1400,10。设车第一次鸣笛时距离悬崖为，第二次鸣笛时距离悬崖为，设车速为，声速为，记，，。则第一次听到鸣笛声时有

，

第二次听到鸣笛声时有

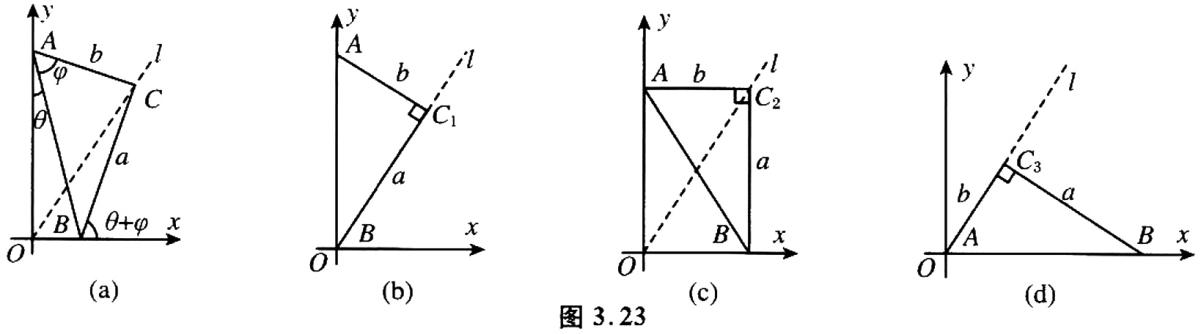


解得，。

12．8。设甲通过，的时间分别为和（单位：），乙通过的时间为，则，设甲、乙的速度分别为和，根据勾股定理有，代入数据，解得，。

13．往返的直线，。

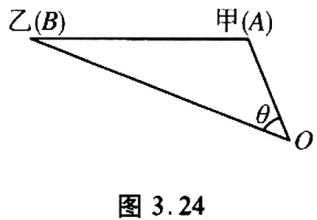
如图3.23（a）所示，设，，则点的横坐标，纵坐标，可见，因此点的运动轨迹在一条直线上，设点轨迹所在直线为。图3.23（b）中的点为点的初始位置。如图3.23（c）所示，当时，点横坐标取得最大值，显然该位置是点沿直线运动时距离坐标原点的最远位置。如图3.23（d）所示，当边与轴重合时，点到达的位置。因此，点的运动轨迹为往返的直线。



由上述过程，点运动的总路程应为，，，所以。

14．（1）；（2）。（1）设乙同学晚出发时间，且追上甲时，甲恰好运动了，则乙同学实际运动的时间为，有，解得。当乙同学晚出发时间为时，小于，必定在甲同学行走速度为时追上，则，解得追上。

（2）当晚出发时间为时，大于，必定在甲同学行走速度为时追上，则，解得。

15．（1）；（2）约为。设，，如图3.24所示，点为震中地点，和分别为横向地震波和纵向地震波传至甲地的时间，有，即，解得。同理，解得。

设，由余弦定理

。

因此。